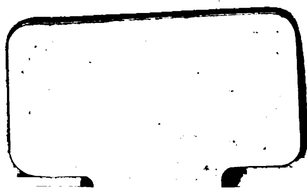
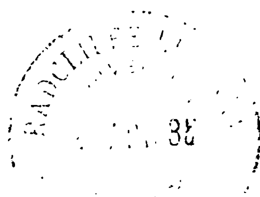




ZEITSCHRIFT

FÜR

RATIONELLE MEDICIN.

HERAUSGEGEBEN

VON

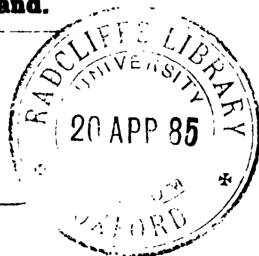
Dr. J. HENLE,
Professor der Anatomie in Göttingen,

UND

Dr. C. v. PFEUFER,
Königl. Bair. Ober-Medicinalrath und Professor der speciellen Pathologie und Therapie und der medicinischen Klinik in München.

Dritte Reihe. XVII. Band.

Mit acht Tafeln.



LEIPZIG & HEIDELBERG.
C. F. WINTER'SCHE VERLAGSHANDLUNG.
1863.

Inhalt des siebzehnten Bandes.

Erstes und zweites Heft.

Drittes Heft.

Ueber den Einfluss des Blutdruckes auf die Secretion des Harns.

Von

Max Herrmann*).

Aus der eigenthümlichen Vertheilung der Blutgefässe in der Niere folgerte C. Ludwig, dass der Druck die Kraft sei, welche die Ausscheidung der Harnflüssigkeit aus dem Blute bewirke. Um die Richtigkeit dieser Annahme zu prüfen, hat bekanntlich Goll eine Reihe von Versuchen ausgeführt, denen das Princip zu Grunde lag, durch Erhöhung oder Erniedrigung des Blutdruckes die entsprechenden Veränderungen in der Harnsecretion zu erzeugen.

Mit der variablen Druckhöhe werden aber auch diejenigen Verhältnisse geändert, welche, neben der ausscheidenden Kraft, auf die Lebhaftigkeit der Absonderung einen Einfluss ausüben müssen, wie die Zusammensetzung und die Masse des Blutes. Dieses Princip kann daher nur dann den gewünschten Aufschluss geben, wenn die Spannungsänderungen ein solches Uebergewicht erlangen, dass die anderen Störungen hinsichtlich der hervorgebrachten Wirkungen gar nicht in Betracht kommen. In welchem Verhältniss die Absonderungsbedingungen durch die angewandten Methoden geändert werden, lässt sich nicht angeben; es ist jedoch unwahrscheinlich, dass die Spannungsänderungen in dem beträchtlichen Widerstand darbietenden Capillarnetz der Niere besonders zur Geltung gekommen

*) Aus dem XLV. Bd. der Sitzungsb. d. Wiener Akademie d. Wissenschaften vom Verf. zum Abdruck mitgetheilt.

seien. Dass in einigen Fällen überhaupt keine Aenderung des Blutstromes erzielt wurde, beweist der ungestörte Verlauf der Harnausscheidung.

Die Wirkungen der Spannungsänderungen gegen die aus anderen Ursachen erfolgenden Modificationen der Harnabsonderung können nur klar und überzeugend zur Anschauung gebracht werden, wenn man die Herrschaft über den Stromlauf in der Nierenarterie selbst zu gewinnen, d. h. wenn man das Einströmen des Blutes in das Gefässsystem der Niere ganz nach Belieben zu reguliren im Stande ist. Das Mittel, diese Bedingungen herbeizuführen, ist gegeben in der willkürlichen Verengerung des zuführenden Gefässes. Indem man eine Stelle des Gefässrohres verengert oder wieder erweitert, lässt sich offenbar in schneller Folge durch verschiedene Anfüllung mit Blut die Spannung der Niere beträchtlich verringern oder auf ihren früheren Werth zurückführen, und es müsste der Blutdruck unzweifelhaft als die bezeichnete Kraftquelle angesehen werden, wenn diesen Variationen eben so plötzlich und ohne Ausnahme die Menge des abgeschiedenen Harns entsprechen würde.

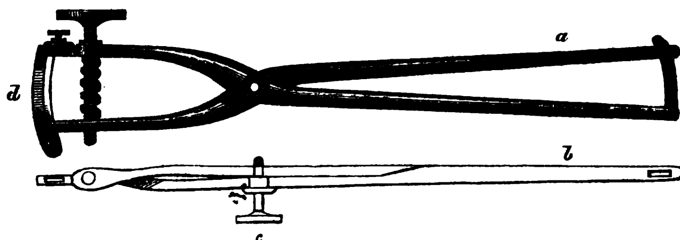
Auch über die Veränderung, welche die aus den Glomeruli abgesonderte Flüssigkeit in den Canälchen erleidet, muss durch dieses Verfahren einiges Licht verbreitet werden. Da nämlich die Aufenthaltsdauer dieser Flüssigkeit verlängert werden kann, so muss sich auch ergeben, welchen Einfluss die Diffusion auf die Concentration derselben ausübt.

Das oben behauptete Abhängigkeitsverhältniss lässt sich aber noch dadurch ermitteln, dass man den Blutstrom ungestört lässt, während die Spannung des ausfliessenden Harns geändert wird. Der Harn muss natürlich um so langsamer fliessen, je grösser der Gegendruck wird, den der Inhalt der Harncanälchen leistet, und ganz unterdrückt werden, wenn diser die Höhe des Blutdruckes erreicht hat.

Die Hoffnung, auf diesem Wege die Beziehungen zwischen Blutdruck und Harnsecretion fester zu stellen als es bisher möglich war, veranlasste mich, unter Anleitung des Herrn Prof. C. Ludwig in dem Laboratorium der k. k. Josephs-Akademie eine Reihe von Versuchen auszuführen.

Zur Veränderung des Durchmessers der Arterie wurde eine Klemme gewählt, deren Einrichtung, so einfach sie sein kann, doch für den günstigen Verlauf dieser Versuche von von grosser Wichtigkeit ist. Eine genaue Schilderung derjenigen, die sich nach längerer Erfahrung als brauchbar

erwiesen, dürfte daher nicht überflüssig sein. Dieses Instrument besteht aus zwei etwa wie die Arme einer Zange gekrümmten



Stäben, deren längere, dem Griff der Zange entsprechende, hier zum Zusammendrücken bestimmte Arme *a*, *b* auf einander wirken. An der Kreuzungsstelle liegen die beiden Stäbe wie die Blätter einer Scheere über einander und können durch eine Schraube beweglich befestigt werden. Von dem einen der längeren Arme *b* geht ziemlich rechtwinkelig ein Haken ab, der, an seinem freien Ende mässig gekrümmt, durch einen Schlitz des andern Armes *a* hindurchtreten kann. An dem kurzen Griff oberhalb der Kreuzungsstelle wirkt eine Schraube *c*; diese geht durch eine Spiralfeder, welche an dem Umfange der Schraubenmutter befestigt ist, so dass eine Annäherung der Arme innerhalb einer erforderlichen Weite nur durch die Schraube möglich ist. Bringt man oben über dem freien Ende eine Theilung *d* an, so lässt sich die Entfernung der längeren Arme genau bestimmen.

Die Ausführung der Versuche mit Hülfe dieses Instrumentes kann aber erst dann dem Zweck vollkommen entsprechen, wenn man die hierdurch hervorgebrachten Modificationen des Blutstromes so viel wie möglich sich klar zu machen und den aus der Reizung der Nerven etwa hervorgehenden Einfluss zu erkennen resp. auszuschliessen vermag. Diese Ueberlegung führte eine Reihe von Vorversuchen herbei, die zunächst mitgetheilt werden sollen.

I. Vorversuche.

1. Ueber die Folgen der Zerstörung der Nerven. Schon längst hat man die Function der Nierennerven durch die Unterbrechung ihrer Continuität zu erforschen gesucht, und in der That scheint dieses Verfahren, in Hinblick auf die schwierige Isolirbarkeit für die elektrische Reizung, die meiste Aussicht auf Erfolg zu gewähren. Wenn aber trotzdem aus jenen Versuchen gar kein Anhalt für die Beurtheilung der Innervation gewonnen wurde, so ist der Grund hierfür in den bei-

läufigen, durch die Operation herbeigeführten Alterationen des Blutstromes zu suchen. Die Wiederholung der Versuche findet demnach eine Stütze in der Hoffnung, durch Uebung und Erfahrung die ungünstigen Complicationen zu vermeiden.

Die Verfahrungsweise war folgende:

Es wurden zu diesen Versuchen nur kleine Hunde benutzt, da man bei ihnen wegen der geringeren Tiefe die Lage der Nerven deutlicher übersehen und mit grösserer Sicherheit operiren kann. Zuerst suchte man die Ureteren auf, in den ersten Fällen den einen, in den letzten beide, damit die Veränderung an der einen Seite durch den ungestörten Fortgang der Secretion an der andern Seite controlirt werden konnte. Hinsichtlich der Application der Harnleiterfistel und der Einfügung der Canüle verweise ich auf eine frühere Versuchsreihe*). Der Vorgang war hier derselbe, nur wählte ich zum Auffangen des Harns statt der Glaskölbchen kalibrirte Röhrchen, wodurch die abgesonderten Mengen sogleich bestimmt waren.

Es dürfte jedoch hier der Ort sein, an die zahlreichen Fehlerquellen zu erinnern, welche bei dieser Gewinnungsweise des Harns entstehen können, und die Massregeln anzugeben, durch welche jene beseitigt werden können.

Indem man den Ureter aus seiner befestigten Lage in die Wunde hervorzieht und auf eine grössere Strecke isolirt, fügt man die T-förmige Canüle sehr leicht zu weit nach hinten ein. Bringt man nun den Ureter an seinen Ort zurück, so wird der senkrechte Schenkel der Canüle von dem hinteren Wundwinkel nach vorn gedrückt und dadurch die Oeffnung des horizontalen in dem Ureter befindlichen Schenkels theilweise oder ganz verschlossen. Dieser Fehler lässt sich also durch aufmerksames Einfügen der Canüle leicht vermeiden.

Die volle Harnblase zieht den Ureter nach oben; sie muss daher vor dem Aufsuchen desselben ausgedrückt werden. An der linken Seite kann der mit harten Fäces angefüllte Mastdarm die Aussonderung verhindern.

Zuweilen hebt eine Darmschlinge entweder den Ureter oder eine der beiden Abtheilungen des horizontalen Schenkels der Canüle in die Höhe und verlangsamt oder unterbricht den Ausfluss.

Im Allgemeinen ist es am besten, die Thiere während des Harnauffangens in aufrechter Stellung anzubinden; nur auf diese Weise gelingt es, den Ureter fort und fort von seinem

---

*) Vergleichung des Harns aus den beiden gleichzeitig thätigen Nieren. Sitzb. der mathem.- physikal. Classe. XXXVI. Bd. (Diese Zeitschrift Bd. XV.).

Inhalte zu befreien und jeden Gegendruck des Harns gegen die Papillen zu vermeiden. — Zu dieser Stellung. welche die Thiere nicht freiwillig stundenlang annehmen, kann man sie so zwingen, dass man zwei Rollen an der Zimmerdecke befestigt, über jede derselben ein Seil schlingt und je ein Ende beider Seile an ein starkes, handbreites Bret bindet. Von diesem Brete gehen zwei mit Beinöffnungen versehene Tragbänder herab; in diese lässt man den Hund treten und hebt nun das Bret mittels des Rollenzuges so hoch, dass der Hund gerade auf einem unter ihn geschobenen Tisch stehen muss.

Wird nun das Thier stehend erhalten, so zieht öfters die Schwere des Glasröhrchens, obgleich die Canüle an die Wundränder genäht ist, den Ureter nach unten. Dieses Hinderniss für das Ausfliessen kann dadurch beseitigt werden, dass man die Canüle von Zeit zu Zeit etwas erhebt.

Da die Harnmenge, welche aus dem vollkommen offenen Ureter ausfliesst, sich aber von dem des zeitweise geschlossenen um so mehr unterscheidet, je grösser die Absonderungsgeschwindigkeit ist; da nun überhaupt bei einer lebhaften Absonderung schon einige Ureterenbewegungen von grossem Einflusse sind, so muss man, bevor die gleichzeitige Verbindung der beiden Aufsammlungsröhrchen mit den Canülen erfolgt, diese letzteren durch passende Bewegungen, deren Richtung durch einiges Manipuliren bald erkannt wird, sorgfältig zu entleeren suchen. Dasselbe Verfahren muss beim Abnehmen der Röhrchen stattfinden.

Nachdem nach sorgfältiger Einfügung der Canüle eine Zeit lang der Harn zur Vergleichung mit dem später zu erhaltenden aufgesammelt worden, schritt man zur Durchschneidung der Nerven vom Rücken her; der Hund wurde dabei mit dem Leibe auf eine erhöhte Unterlage gebracht, so dass die Baucheingeweide etwas nach oben gedrängt werden mussten. Der Hautschnitt, unterhalb der letzten falschen Rippe angefangen, wurde etwa $1^1/_2{}'$ nach unten, entsprechend dem äussern Rande des Musc. sacrolumbalis geführt. Nachdem man die Scheide desselben blossgelegt hatte, wurde ihr oberes Blatt durchschnitten und der Finger in dem Scheideraume selbst unter dem Muskel bis zu den Querfortsätzen geführt. Hier wurde das zweite Blatt der Scheide geöffnet, worauf man dann unmittelbar in die Fettlage kommt, welche gegen den Nierenhilus hinzieht. Das vorsichtige Weitergehen hatte nie eine Blutung zur Folge. Bei hoher Lage der Niere musste der erste Lendennerv mit den ihn begleitenden Gefässen nach vorgängiger Unterbindung der letzteren durchschnitten werden.

Da die Nierennerven vereinzelt neben den Gefässen verlaufen, so wurde der Versuch gemacht, ohne Unterbrechung des Blutstromes bis zu der Stelle vorzudringen, wo sie zusammen zu den Blutgefässen übergehen, also bis zum Ursprunge der Arterie. Dieses Verfahren hatte jedoch stets einen ungünstigen Erfolg. Um daher den Ort der Durchschneidung den Blutgefässen so fern als möglich zu legen, musste man durch eine weite und unverrückbare Eingangsöffnung eine deutliche und ungestörte Ansicht des ganzen von der Operation zu berücksichtigenden Raumes zu gewinnen und die Freiheit der Manipulationen zu erweitern suchen. Dieser Forderung wurde durch ein Instrument entsprochen, welches wie ein zweiblätteriges Scheidenspeculum construirt ist; die Arme des scheerenartigen Griffes können durch eine Schraube von einander entfernt werden, wodurch die in der Wunde liegenden flachen Blätter die Muskelränder auseinander drängen. Wenn der Griff gehalten wird, so kann der Operirende mit hinlänglicher Bequemlichkeit zwischen den Blättern arbeiten. Bei der Ausführung der darauf folgenden Trennung der Nerven konnte das Verhalten derselben zur Nebenniere benutzt werden. Der Plexus renalis heftet sich nämlich an dieses Organ, bevor er mit mehreren feineren und gröberen Zweigen zur Arterie, mit einem starken Zweige zur Vene der Niere übergeht. Man präparirte nun mit zwei Pincetten am untern Rande der Nebenniere und zerriss dabei die Nerven oder trennte sie durch einen darunter geführten Haken. Wurde dieser Act mit Vorsicht und bei Anwesenheit günstiger anatomischer Bedingungen ausgeführt, so erfolgte, wie die unten anzugebenden Thatsachen beweisen werden, nicht die geringste Beschädigung der Nierengefässe oder eine auch nur vorübergehende Beeinträchtigung des Nierenblutstromes. Nach jedem Versuche wurde die Section mit der für diesen Gegenstand erforderlichen Genauigkeit gemacht. Nachdem das betreffende Rückenstück vom übrigen Körper getrennt worden war, wurden die Nerven vom Hilus der Niere aus bis zu den abgerissenen Enden präparirt; ebenso prüfte man die Nervenstümpfe, welche an der Nebenniere hafteten, und den zwischen dieser und der Niere liegenden Raum in Betreff des Durchganges eines Nervenfadens. Sodann wurde die Niere sammt den anhängenden Theilen bis oberhalb der Nebenniere von der Umgebung getrennt und die Prüfung der Nervenstümpfe wiederholt.

Endlich will ich noch erwähnen, dass die Operation immer an der linken Seite wegen der günstigen Lage der Niere ausgeführt wurde.

Ich stelle nunmehr einige, nach den obigen Angaben angestellte Versuche hierher.

Nervendurchschneidung ohne Anwendung des Speculums.

Angabe der Versuche	Zeit der Aufsammlung	Harnmenge in d. Minute	Harnstoff-Procent	Bemerkungen
I. Versuch. Nach Durchschneidung der Nerven	$12^h 5^s$ $3^h 20^s$	0.038	4.9	Enthält wenig Eiweiss; alle Nerven sind durchschnitten.
II. Versuch. Nach Durchschneidung der Nerven	$1^h 2^s$ $4^h 22^s$	0.068	7.0	Der Eiweissgehalt ist ziemlich bedeutend; vollständige Trennung der Nerven.

Vor der Durchschneidung der Nerven war in beiden Fällen der Harn frei von Eiweiss. Noch mehrere in dieser Weise angestellte Versuche ergaben dasselbe Resultat.

Nervendurchschneidung mit Anwendung des Speculums.

Angabe der Versuche	Zeit der Aufsammlung	Harnmenge in d. Minute	Harnstoff-Procent	Bemerkungen
III. Versuch. Nach Durchschneidung der Nerven	$2^h 30^s$ $4^h 12^s$	0.063	1.6	Reich an Eiweiss; die Nerven sind sämmtlich durchschnitten.
IV. Versuch. Nach Durchschneidung der Nerven	$12^h 30^s$ $2^h 30^s$	0.104	3.0	Der Harn ist frei von Eiweiss; die Trennung aller Nerven wird constatirt; die linke Niere etwas grösser und feuchter, sonst unverändert.

V. Versuch.

Zeit der Aufsammlung	Harnmenge in d. Minute	Harnstoff-Procent	Bemerkungen
Vor der Durchschneidung:			
10^h 17^s — 11^h 17^s	0.086	4.0	Der Harn war bis zum Ende des Aufsammelns ganz normal; erst am folgenden Tage fand sich Eiweiss. Die linke Niere ist grösser und feuchter als die rechte, zeigt aber in der Structur keine Veränderung. Die Nerven sind vollständig durchschnitten.
Nach derselben:			
12^h 15^s — 3^h 9^s	0.073	4.3	
3 9 — 3 35	0.696	1.0	
3 35 — 4 23	0.259	—	
4 23 — 5 26	0.184	—	
Am folgenden Tage:			
8^h 45^s — 10^h 39^s	0.093	—	

VI. Versuch.

Linke Niere			Rechte Niere	
Zeit der Aufsammlung	Harnmenge in d. Minute	Bemerkungen	Harnmenge in d. Minute	Bemerkungen
Vor der Durchschneidung		Kein Eiweiss. Die Niere verhält sich so wie in den vorhergehenden Fällen. Trennung aller Nerven.		
9^h 23^s — 10^h 35^s	0.039		0.037	—
Nach derselben:				
11^h 54^s — 5^h 45^s	0.042		0.037	—

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich, dass die vollkommene Trennung der Nerven geschehen sein kann, ohne dass weder die Menge noch die Beschaffenheit des aus dem Ureter entleerten Harns eine Veränderung erleidet. Also kann die Innervation der Niere nicht die Bedingung sein für die Ausscheidung der besonderen, die Harnflüssigkeit zusammensetzenden Stoffe oder für die Austreibung derselben aus den Canälchen. Sie kann vielleicht die Geschwindigkeit der Harnabsonderung unter gewissen Verhältnissen modificiren, aber sie darf nicht als der wesentliche Regulator derselben angesehen werden, da die von einer Niere vor und nach der Durchschneidung der Nerven gelieferten Mengen in keinem quantitativen Gegensatze stehen und die in weiterer Folge bestehenden Schwankungen auf das Vorhandensein anderer regulato-

rischer Kräfte hinweisen. Die Anwesenheit der zahlreichen in die Niere eingehenden Nerven steht darum noch nicht im Widerspruch mit den gefundenen Thatsachen, weil die Nerven innerhalb der Niere Ganglien tragen. Es wäre jedoch vorläufig überflüssig, irgend welche Annahme über die Bedeutung dieser Apparate aufzustellen.

Vielleicht wird durch die Trennung der Nerven allmälig eine Veränderung der absondernden Häute hervorgebracht; diese Voraussetzung wird durch die allerdings nur einmal beobachtete Thatsache gestützt, dass der normal abgesonderte Harn später eiweisshaltig wird.

Die früheren Ergebnisse der Nervenzerstörung, welche darin bestanden, dass der Harn eiweisshaltig oder blutig wurde, oder dass die Absonderung gänzlich stockte, können durch die Zerrungen der Blutgefässe und durch die, wenn auch nur kurz dauernden, Unterbrechungen des Blutstroms hinlänglich erklärt werden. Die Richtigkeit dieser Behauptung wird noch durch die späteren Versuche erhärtet werden.

2. Ueber die Veränderungen in der Niere nach zeitweiser oder gänzlicher Verschliessung der Arteriae renales.

Die Niere erhält das Blut, aus welchem der Harn abgeschieden wird, allerdings vorzugsweise aus dem grossen, mächtigen Gefässe, welches in den Hilus eindringt; aber ihre Oberfläche steht noch in Verbindung mit einigen kleinen Zweigen anderer Arterien. Unsere Aufgabe verlangt, dass die Bedeutung dieses collateralen Stromlaufs aufgeklärt werde, denn es könnte in einzelnen Fällen die Entwickelung der Kapselgefässe so bedeutend sein, dass bei fortgesetzter Verengerung der Nierenarterien der Blutstrom nicht in entsprechendem Verhältniss abnähme; es wäre somit eine Täuschung, wenn man annehmen wollte, dass der Nierenblutstrom entsprechend der Durchmesseränderung des Hauptstammes alterirt würde. Ausserdem wäre zu untersuchen, ob der Harn, dessen Absonderung durch vollkommene Unterbrechung des Blutstroms für einige Zeit aufgehört hatte, nach Wiederherstellung des letztern eiweissfrei abgesondert wird.

Die Zusammensetzung eines solchen Harns wäre offenbar für die Erkenntniss des Absonderungsprocesses äusserst wichtig.

Zur Entscheidung der ersten Frage wurde an grossen Hunden nach Anlegung der Harnleiterfisteln die Wunde im Rücken in der schon erwähnten Weise gemacht, aber hier so klein wie möglich, da man nur mit einem Finger die Lage der Arterie zu ermitteln brauchte. Darauf legte man um das Gefäss mit einem stumpfen Haken eine Ligatur, welche durch

ein Ligaturstäbchen bald geschlossen, bald gelöst werden konnte. Die Hunde wurden mit der noch offenen Arterie aufgestellt, damit zuvörderst eine Quantität Harn aufgesammelt werden konnte. Unter 18 Versuchen zeigte sich dreimal die auffallende Erscheinung, dass nach Schliessung der Ligatur der Harn ununterbrochen und sogar mit grösserer Geschwindigkeit, als früher, abgesondert wurde. Da man sich nach Beendigung des Harnsammelns, um am lebenden Thiere eine ungefähre Vorstellung von der Grösse des Blutstroms zu erhalten, eines Verfahrens bediente, durch welches die Niere selbst eingeschnitten wurde, so konnten durch Injection des ganzen Gefässbezirkes die Wege leider nicht mehr aufgesucht werden, welche das Blut zu diesen drei Nieren geführt haben mochten.

Das Verfahren war folgendes: Nachdem das Thier narkotisirt worden, vergrösserte man die Wunde, so dass die Niere mit den Gefässen zu übersehen war. Die Rinde wurde aufgeschnitten, es floss über die Schnittfläche nur wenig Blut; als man dagegen die Ligatur der Arterie öffnete, spritzte das Blut aus den kleinen Aestchen hervor; Schluss der Arterie bewirkte wiederum das frühere langsame Ausfliessen.

Dieser schwache Blutstrom ist mit der Geschwindigkeit der Harnabsonderung sehr gut in Einklang zu bringen, wenn man annimmt, dass die bedeutend entwickelten Kapselgefässe durch das, bei dem angegebenen Verfahren nothwendige Hervorziehen der Niere aus ihrer Lage zusammengedrückt worden seien. Keinesfalls kann die Annahme gelten, dass noch ein besonderer Zweig aus der Aorta in den Hilus der Niere eingetreten sei. Da nämlich die gesonderten, in den Hilus eingehenden Aeste innerhalb der Niere keine Verbindungen eingehen, so wird durch den Verschluss des einen Astes das Blut dem ganzen Gebiete seiner Ausbreitung entzogen; beim Durchschneiden der Niere würde also in dem einen Theile das Blut hervorspritzen, in dem andern nicht. Die Geschwindigkeit der Harnabscheidung musste aber, auch wenn man annehmen wollte, dass ein Ast der Nierenarterie undurchschnitten geblieben wäre, der kleineren Absonderungsfläche gemäss, unter sonst gleichen Absonderungsverhältnissen abnehmen, eine Folge, die sonst jedesmal eintritt, wenn man einen Ast der Nierenarterie unterbindet. Dass ein Blutstrom durch die Kapselgefässe die Harnabscheidung hervorrufen kann, beweist uns folgende Thatsache: Die Nierenarterie wurde 45 Minuten zugeschnürt; während dieser Zeit erfolgte keine Absonderung, auch nicht nach Oeffnung der Ligatur. Am andern Tage floss der Harn sehr langsam aus den Canülen. Die Section ergab, dass die Nie-

renarterie durch einen Thrombus, der von der Unterbindungsstelle bis in die kleinen Zweige sich erstreckte, verstopft war, dass ferner die Niere bis auf eine kleine Partie, welche eine ganz normale Beschaffenheit natte, brandig war, und dass aus dieser unversehrten Partie die Absonderung erfolgt sein musste.

Die Strombahn durch die Kapselgefässe wurde auf folgende Weise beobachtet:

Der vordere Theil eines Hundes, der durch Verbluten getödtet worden, wurde bis zum Zwerchfell entfernt; man fügte in jede Nierenvene eine Canüle ein, unterband die linke Arterie und brachte die Aorta mit einem Rohr in Verbindung, welches mit Serum bis zu einer, dem Blutdruck entsprechenden Höhe gefüllt wurde. Durch die rechte Vene floss sogleich das Serum aus; es dauerte aber fast eine halbe Stunde, bis auch aus der linken Vene von nun an mit zunehmender Geschwindigkeit die Flüssigkeit auslief.

Die Injection mit gefärbter Flüssigkeit ergab, dass die Gefässe der Niere mit einer Art. lumb. und der Art. suprarenalis und spermatica communicirten.

Aus den erwähnten drei Versuchen, in welchen nach Unterbindung der Arterie die Harnabsonderung fortbestand, füge ich einige Zahlenreihen bei, welche den eigenthümlichen Vorgang anschaulich machen.

1.

Zeit der Aufsammlung		Harnmenge in d. Minute
Vor dem Verschluss der Arterie:		
12.15	12.50	0.134
Nach demselben:		
12.55	2.15	0.187
2.15	3.40	0.174
3.40	4.50	0.188
u. s. f.		

2.

Zeit der Aufsammlung		Harnmenge in d. Minute
Vor dem Verschluss der Arterie:		
11.6	11.36	0.572
Nach demselben:		
11.50	12.30	0.467
12.30	1.0	0.513
1.0	1.18	0.870
1.18	1.42	0.708
1.42	2.4	0.930
u. s. f.		

Ausser in den direct auf diesen Gegenstand gerichteten und schon erwähnten 18 Beobachtungen wurde in der späteren, sehr ausgedehnten Versuchsreihe die Arterie oft geschlossen, aber jedesmal hörte der Harnausfluss mit der Unterbrechung

des Blutstroms auf. Die Unterbindung der Arterie dauerte 1—24 Stunden. Es ergibt sich somit, dass die Harnausscheidung durch den collateralen Blutstrom nur in äusserst seltenen Fällen bewirkt werden kann.

Wenn man die Arterie einen Moment zusammendrückt, so ändert sich der Harn nicht. Derselbe enthält aber sogleich Eiweiss, wenn der Verschluss nur einige Secunden gedauert hat. Der Gehalt an Eiweiss nimmt bei kurzer Unterbrechung des Blutstroms mit der Dauer der Absonderung entschieden ab; nach einigen Tagen sind zuweilen nur noch Spuren vorhanden. Die Ausscheidung des Eiweissharn ist sehr häufig eine äusserst profuse, und die ersten Tropfen werden auffallend schnell nach Lösung der Unterbindungsschnur abgesondert. In solchen Fällen ist die ausgeschiedene Flüssigkeit wenig gefärbt und sehr harnstoffarm, sie hat überhaupt die Beschaffenheit eines serösen Transsudates. Wenn der Verschluss der Arterie längere Zeit gedauert hat, so bleibt der Harn anfangs gewöhnlich aus und wird später sehr langsam ausgeschieden.

Hat man nur einen Ast der Arterie unterbunden, so wird ebenfalls nach Lösung der Ligatur Eiweissharn abgesondert, der auch nach Schluss desselben Astes nicht wieder verschwindet.

Die Beobachtungen über die Veränderung der Niere selbst, so sehr sie gegen das vorgesteckte Ziel in den Hintergrund treten, geben mir dennoch Gelegenheit, einige bestimmte Angaben zu machen.

Der permanente Verschluss der Arterie hatte bis nach Verlauf von 24 Stunden (länger dauerten diese Beobachtengen nicht) keine Veränderung des Nierenparenchyms zur Folge, wenn die Gefässe nicht verstopft waren; in diesen Fällen war die Substanz der Rinde sehr blass, die der Pyramiden gewöhnlich sehr hyperämisch. Hatte sich aber ein Thrombus vor der Unterbindungsstelle gebildet, so war die Niere in Erweichung übergegangen. Ausser der oben erwähnten Beobachtung, welche eine gesunde Stelle in der erweichten Niere ergab, muss hier noch hervorgehoben werden, dass nach Unterbindung des einen Astes der Arterie die den Verzweigungen desselben entsprechende Hälfte ebenfalls bei der Bildung eines Thrombus dieselbe Veränderung erlitten hatte, während die Beschaffenheit der andern Hälfte eine ganz normale war. Es ergibt sich somit, dass die Niere nach Unterbindung der Arterie nur dann zerfällt, wenn der collaterale Blutstrom durch Thrombenbildung aufgehoben wird.

Die vorübergehende Unterbrechung des Blutstroms hatte je nach der Zeit, in welcher die Thiere getödtet wurden, einen

verschiedenen Effect. Wenn nach der Störung der Blutbewegung nur wenige Stunden verflossen waren, so fand man gewöhnlich die Niere geschwellt, die Rindensubstanz blass, die Pyramidensubstanz sehr hyperämisch, häufig durch hämorrhagische Infarcte unterbrochen. Liess man die Thiere bis zum dritten Tage leben, so fand sich das Parenchym zum Theil verändert: die Zellen mancher Partien waren viel schärfer contourirt, grobkörniger, trüber als diejenigen in den normalen Harncanälchen der Hundenieren.

3. Ueber die Veränderung des Blutstroms in der Niere nach Verengerung der Art. renalis.]

Da der Durchmesser der Art. renalis sehr gross ist, so kann man in Ansehung des grossen Widerstandes, den das Capillarnetz dem Blutstrom darbietet, nicht erwarten, durch eine geringe Verengerung ihres Lumens mittelst der oben genannten Klemme eine in Betracht kommende Hemmung des Strömens in den Capillaren zu erzielen. Es musste deshalb durch Versuche ermittelt werden, welcher Grad von Verengerung erforderlich sei, um die Geschwindigkeit des Blutstroms ergiebig zu vermindern. Die Beobachtungen wurden am lebenden Thiere und an der herausgeschnittenen Niere gewonnen.

a) Versuche an lebenden Thieren.

Hunde wurden narkotisirt, und, nachdem die Arterie in die Klemme gelegt und die Vene mit einer passend gekrümmten und weiten Canüle versehen worden, aufgestellt. Die am Griff der Klemme angebrachte Marke zeigt die Vereinigung der beiden, die Arterie einschliessenden Arme an; man veränderte daher durch die Umdrehungen der Schraube beliebig das Lumen der Arterie und bestimmte die aus der Vene fliessenden Blutmengen durch Messung.

Wenn die unteren Arme der hier angewendeten Klammer ganz aneinander gerückt sind, so beträgt die Entfernung der oberen noch 6 Millim. Man muss aber bedenken, dass die Distanz etwas grösser ausfällt, wenn die Wandungen der Arterie den gänzlichen Schluss der Klammer hindern.

1. Bestimmung.

Distanz der oberen Arme in Mm.	Blutmenge per Minute in Ctm.
6.5	5.3
7.5	8.0
ganz offen.	8.0

2. Bestimmung.

Distanz der oberen Arme in Mm.	Blutmenge per Minute in Ctm.	
7.5	54.6	
8.0	88.0	
ganz offen	40.4	Später, nach vorausgegangenem Blutverlust.
7.5	38.6	
7.0	33.0	

Eine dritte Bestimmung misslang, da das Blut zu häufig in der Canüle gerann. Man konnte nur im Allgemeinen nachweisen, dass viel weniger Blut ausfloss, bei einer Distanz von 6.4 Mm. als von 6.6 Mm., und dass von da an eine grössere Erweiterung keinen Unterschied in der Ausflussgeschwindigkeit hervorbrachte.

Die einzelnen Bestimmungen sind natürlich unter einander gar nicht zu vergleichen, wenn man die vorhandenen Verschiedenheiten berücksichtigt. Diese betreffen den Durchmesser der Arterien, die Haltung der narkotisirten Hunde, die Lage der Arterie in der Klammer, die Umhüllungen der Arterie mit Fett, die Hemmungen des Blutstromes durch Druck auf die Vene u. s. w. Ein Theil dieser Unregelmässigkeiten macht auch jede einzelne Bestimmung ungenau, aber sie stellt doch fest, dass das Lumen des Gefässrohres bis auf einen kleinen Bruchtheil eines Millimeter verengert werden muss, ehe eine merkliche Verzögerung des Blutstromes aus der Vene austritt.

b) Versuche an der herausgeschnittenen Niere.

Die Nierenarterie wurde mit einem Kautschukrohr in Verbindung gebracht, das zu einem heberförmigen in einer Flasche befestigten Glasrohr führte. In die Vene und in den Ureter wurden Canülen eingefügt. Die Flasche, eine mehrprocentige NaCl-Lösung enthaltend, konnte mittelst einer an der Decke befindlichen Rolle in die Höhe gezogen werden. Die Niere wurde mit der Lösung so lange ausgewaschen, bis diese letzte klar ablief, dann wurden die Ausflussmengen bei verschiedenem Durchmesser der Arterie und verschiedener Druckhöhe der Lösung bestimmt. Die Lage der Niere war so, dass der Abfluss aus der Vene durch keinen Druck gehemmt werden konnte.

Die zu diesen Versuchen benutzte Klemme ist geschlossen, wenn die obere Oeffnung noch 7,8 Mm. beträgt. Von den erhaltenen Zahlenreihen wird hier nur eine mitgetheilt, da die übrigen zu demselben Ergebniss führen.

Distanz der oberen Arme in Mm.	Ausflussmenge per Minute im Ctm.	Höhe der Flüssigkeitssäule in Mm.	Bemerkungen
ganz offen	17.7	620	In den drei beistehenden Beobachtungsreihen erzeugt derselbe Druck in der Arterie einein bedeutenderen Abfluss aus der Vene, wenn kurz vorher statt eines freien Stromes ein gehemmter stattgefunden. Dieses erklärt sich, wie wir später sehen werden, aus dem Füllungszustande der Harncanälchen, dessen Einfluss dahin geht, dass mit seinem Steigen der Blutstrom in den Venenwurzeln gehemmt wird. Der freie, durch die unbeengte Arterie gehende Strom bewirkt aber durch Filtration eine Füllung jener Canälchen, die während der Verengung wieder abfliesst.
8.2	17.7		
8.0	8.2		
7.9	0.7		
8.2	27.3		
ganz offen	27.3		
ganz offen	38.0	855	
8.2	35.5		
8.0	15.2		
7.9	1.6		
ganz offen	59.0		
„	48.0		
ganz offen	66.0	1.155	
8.2	67.0		
8.0	54.0		
7.9	1.4		
ganz offen	95.0		

Diese Versuche, in welchen die Zugänglichkeit aller Theile ein weit genaueres Verfahren möglich machte, bestätigen die am lebenden Thiere gemachte Erfahrung, dass die Menge des die Niere durchströmenden Blutes sich nur vermindert, wenn die Klemme das Lumen der Arterie bis auf Bruchtheile eines Millimeter zusammengedrückt hat. Um aber auch noch innerhalb der engen Raumgrenzen, in welchen vermöge der Arterienverengerung der Strom durch die Niere geregelt werden kann, die Klemme mit Sicherheit gebrauchen zu können, müsste sie mit einer Mikrometerschraube versehen werden. Aber auch ohne diese genügt das Verfahren, um mit Sicherheit den Blutstrom beliebig zu schwächen oder lebhafter zu machen.

Wenn durch die Verengerung der Art. renalis die Geschwindigkeit des Blutstromes vermindert wird, so muss aber auch der Druck in den Glomeruli sinken. Denn aus den Beobachtungen des Blutdruckes nach Unterbindung grosser Arterien lässt sich schliessen, dass die Verengerung der Art. renalis eine kaum in Betracht kommende Erhöhung des Druckes in der Aorta zur Folge haben kann, während an der Einmündung der Vena renalis in die Vena cava wegen des verminderten Zuflusses geradezu eine Abnahme desselben statthaben muss. Wir haben also nur zwei Widerstände in der Strombahn der Niere zu berücksichtigen, den einen, welcher durch

Verengerung des Arterienstammes erzeugt wird, den andern in und jenseits der Glomeruli; von dem Verhältniss dieser beiden Widerstände wird aber die Grösse der Druckabnahme abhängen; da nämlich mit der Langsamkeit des Blutstromes der Reibungswiderstand in den Capillaren sich mindert, so muss die Druckabnahme um so bedeutender ausfallen, je grösser der erste Widerstand im Verhältniss zum zweiten wird, der niedrigste Werth muss aber dann erreicht sein, wenn die verengerte Stelle selbst eine capillare ist, indem die grössere Geschwindigkeit in dem engen Arterienstamme eine viel grössere Reibung mit sich führt, als die geringere in dem grösseren Gesammtquerschnitt der Capillaren.

Um den Einfluss der Verengerung auf den Blutdruck in directer Weise zu prüfen, wurde von allen hier in Frage kommenden Verfahren dasjenige als das geeignetste gewählt, welches eine Schätzung der mittleren Druckänderung in der Strombahn gestattet, nämlich die manometrische Bestimmung des Seitendruckes in der Art. renalis bei variabler Veränderung des Gefässlumens. Die grossen Schwierigkeiten, welche sich diesem Versuche entgegenstellen, der eine durchaus schnelle Ausführung erheischt, machen die Anlegung der Klemme und somit eine genaue Angabe von dem Grade der Verengerung unmöglich; man konnte das Gefäss nur mit den Fingern zusammendrücken. Es genügte aber in diesem Falle die Vergleichung der Druckwerthe mit dem weitern und engern Gefässlumen. Hierfür mögen folgende zwei Zahlreihen, die in derselben Arterie gewonnen sind, als Belege dienen. Die Zahlen bedeuten den Mitteldruck des arteriellen Blutes zwischen der Niere und der Verengerung.

Bemerkungen über die Veränderung des Lumens	Dauer derselben in Secunden	Mittlerer Druck in Mm. Hg.
offen	8.4	82.7
verengert	8.6	58.9
geschlossen	15.0	23.8
ganz geöffnet	15.9	85.6
verengert	19.2	64.2
offen	31.1	89.5
verengert	15.9	56.6
geschlossen	—	49.4
„	—	45.6
„	—	41.8
„	34.1	39.0
„	29.0	36.4

Bemerkungen über die Veränderung des Lumens	Dauer derselben in Secunden	Mittlerer Druck in Mm. Hg.
geschlossen	20.3	36.4
offen	—	90.3
„	—	101.3
verengert	11.9	84.7
mehr verengert	—	69.4
geschlossen	—	62.1
„	—	55.5
„	—	54.2
„	—	53.8
„	35.9	52.3
„	23.9	48.5
„	10.0	48.5
offen	—	101.7

Diese Zahlen sagen aus, dass der mittlere Blutdruck in der Arterie jenseits der Verengerung vermindert wird, mithin auch der Druck in den Glomerulis.

II.

Nachdem die Grenzen festgestellt sind, innerhalb welcher unsere Methode zu dem gewünschten Ziele führen kann, schreite ich nunmehr zur Mittheilung der Beobachtungen, welche durch sie über den Einfluss des Blutdruckes auf die Harnabsonderung gewonnen wurden. Da aber dem Plane gemäss noch von einem andern Gesichtspunkt die Bedeutung des Blutdruckes der Untersuchung unterworfen wurde, so will ich beide Versuchsreihen unmittelbar neben einander stellen und erst später auf eine Betrachtung der gewonnenen Ergebnisse, die sich nothwendig ergänzen müssen, eingehen.

A. Versuche über das Verhältniss des Blutdruckes zur Ausscheidung von Wasser, Harnstoff und Chlor.

Aus den oben gemachten Mittheilungen über die Veränderlichkeit der Harnabsonderung in Folge gewisser Hemmungen des Blutstromes ergibt sich, dass die Anlegung der Klemme die grösste Vorsicht erheischt. Man geht mit einem Finger durch die Wunde der Rückendecke in die Tiefe und sucht durch vorsichtiges Tasten die Arterie. Den Finger liegen lassend, führt man die mit dem Haken versehene Branche der Klemme oder vorläufig irgend einen andern handlichen stumpfen Haken ein und isolirt die Arterie von dem umhüllenden Fett. Man legt nun den Finger unter die Arterie,

führt ihm den Haken entgegen und lässt die andere Branche von einem Assistenten so weit hinabführen, bis die Schraube an der Kreuzungsstelle sie aneinander befestigen kann. Der Schlitz nimmt den Haken auf, die Oeffnung bleibt jedoch durch die an dem Griffe sitzende Spiralfeder so weit, dass die Arterie nicht gedrückt wird. Hierauf werden durch die Schraube des Griffes die beiden Branchen gegen einander fest gestellt. Die Klemme muss wegen der Theilung des Arterienstammes der Aorta so nahe als möglich liegen, denn von den Aesten kann durch die Verengerung der eine früher geschlossen werden als der andere. Zugleich wird hierdurch auch am sichersten eine Berührung der von der Wurzel der Arterie entfernter liegenden Vene vermieden. Theilt sich der Stamm gleich am Ursprung, so kann man sich leicht täuschen und einen Ast in die Klemme legen; ein solcher Irrthum kann natürlich nur durch die Section, die in jedem Fall vorgenommen werden muss, aufgedeckt werden.

Der Harnstoff wurde nach der Liebig'schen Methode titrirt, aber nicht aus dem Harn. Manche Umstände bewogen mich, den Harnstoff erst durch Alkohol auszuziehen. Die Volumina einzelner Harnportionen waren zuweilen äusserst klein, die Anzahl derselben oft so gross, dass die Untersuchung nicht gleich ausgeführt werden konnte, eine Verzögerung aber bedenklich erschien. Die gewonnenen Harnvolumina wurden daher sofort eingedampft, die Rückstände unter absolutem Alkohol bis zum folgenden Tage stehen gelassen, dann aber sorgfältig extrahirt. Nach Verdunstung des Alkohols wurde die trockene Masse in destillirtem Wasser gelöst und filtrirt; Glas und Filter wurden sorgsam ausgewaschen. Aus jeder Versuchsreihe wurden ziemlich gleiche Harnvolumina genommen; auch wurden die einzelnen Extracte in annähernd gleichgrosser Wassermenge gelöst. Da der Harn meist sehr concentrirt war, so betrug der Gehalt der Lösungen an Harnstoff 1—2 Procent. Dieses Verfahren hatte jedenfalls den Vortheil, dass nicht andere Stoffe durch die Quecksilberlösung gefällt werden konnten, und führte sicherlich zu keinem Verlust an Harnstoff.

Die Hunde, welche zu diesen Versuchen dienten, wurden am Abend vorher stark mit Fleisch gefüttert; dadurch wurde die Harnentleerung eine reichliche, und das störende Erbrechen blieb aus, das jedesmal eintritt, wenn man den Ureter eines Hundes, dessen Magen gefüllt ist, aufsucht.

Die Einführung der Klemme geschah immer vor dem Aufsammeln des ersten Harnes.

In den ersten Versuchen wurde noch Rücksicht genommen

auf die Absonderung des Eiweisses, nach vollständiger Sistirung der Absonderung; sie entsprechen daher weniger den Anforderungen einer längern Reihe wechselweise auf- und absinkender Druckwerthe als die späteren.

Die Klemme ist geschlossen, wenn die obere Oeffnung 6 Millimeter beträgt.

I. Versuch.

Linke Niere			Rechte Niere	
*) Zeit der Aufsammlung	Oeffnung d. Klemme in Mm.	Harnmenge in der Minute	Harnmenge in der Minute	Bemerkungen in Betreff der linksseitigen Absonderung
12h 28' — 12h 42'	offen	0.270	0.200	
12 46 — 1 13	—	0.253	0.292	
1 16 — 1 36	—	0.249	0.449	
1 41 — 1 55	7.5	0.244	0.509	
2 0 — 2 15	—	0.240	0.311	
2 22 — 2 37	7.0	0.227	0.288	
2 44 — 2 58	6.8	0.231	0.298	
3 4 — 3 40	6.5	0.089	0.270	
3 45 — 4 39	6.2	keine Absonderung	0.323	
4 51 — 5 0	6.5	wenige Tropfen	0.339	
5 3 — 5' 28	6.8	0.130	0.339	Eiweiss
5 34 — 5 52	7.0	0.166	0.410	„
5 58 — 6 11	offen	0.262	0.377	„
6 17 — 6 37	6.8	0.162	0.400	„

Als man das Thier narkotisirte, zeigte es sich, dass die Klemme bei einer Weite von 6,2 Mm. noch einen Blutstrom durch ein sehr enges Lumen der Arterie durchliess.

II. Versuch.

Linke Niere				Rechte Niere
Zeit der Aufsammlung	Oeffnung d. Klemme in Mm.	Harnmenge in der Minute	Bemerkungen	Harnmenge in der Minute
12h 39' — 1h 0'	offen	0.153		0.175
1 7 — 1 42	„	0.189		0.147
1 53 — 2 50	7.0	keine Absonderung		0.207
2 50 — 3 29	8.0	0.064	Eiweiss	0.257
3 36 — 4 15	offen	0.101	„	0.302
4 26 — 4 36	7.5	keine Absonderung	„	0.188
4 42 — 5 0	8.0	0.199	„	0.123
5 15 — 5 33	offen	0.209	„	0.123
5 38 — 5 58	8.0	0.161	„	0.258

*) Die Aufsammlungszeiten sind für beide Seiten gleich.

Bei einer obern Oeffnung von 7 Mm. ging noch ein ziemlich bedeutender Strom durch die Arterie. Dass bei der Unterbrechung der Function diese Entfernung noch sehr gross war, kann aus der nicht ganz reinen Präparation des Gefässes hergeleitet werden.

Wenn nach Unterbrechung der Absonderung die Klemme erweitert wurde, so ist natürlich erst nach wiedererfolgtem Ausfluss aus der Canüle die Aufsammlungszeit notirt worden. Der Versuch sagt übrigens wegen der gleich erfolgten Absonderung von Eiweiss über den Einfluss des Blutdruckes auf die Geschwindigkeit der Absonderung nicht viel aus.

III. Versuch.

Die Verengerung nur eines Astes der Arterie betreffend.

Linke Niere				Rechte Niere
Zeit der Aufsammlung	Obere Weite dieser Klemme in Mm.	Harnmenge in d. Minute	Bemerkungen	Harnmenge in der Minute
12h 33′—12h 50′	offen	0.305		0.231
12 53 — 1 4	„	0.390		0.559
1 15 — 1 42	7.0	0.212		0.351
2 42 — 3 13	6.3	0.138		0.164
3 14 — 3 16	ganz geschlossen	—		—
3 29 — 3 51	offen	0.171	Eiweiss	0.168

Die Klemme konnte schliesslich wegen des Eintritts einer Störung nicht wieder geschlossen werden.

IV. Versuch.

Auch hier wurde nur ein Ast der Arterie in die Klemme gelegt.

Linke Niere				Rechte Niere
Zeit der Aufsammlung	Obere Weite der Klemme in Mm.	Harnmenge in d. Minute	Bemerkungen	Harnmenge in der Minute
11h 43′—11h 59′	offen	0.437		0.310
1 17 — 2 4	6.7	0.092		0.191
2 17 — 2 49	6.5	0.118		0.207
3 1 — 3 24	6.0	0.132		0.203
3 40 — 4 8	ganz geschlossen	0.104		0.157
4 33 — 5 0	offen	0.113	Eiweiss	0.182
5 10 — 5 39	ganz geschlossen	0.092	„	

V. Versuch.

Linke Niere				Rechte Niere	
Zeit der Aufsammlung	Lumen der Arterie	Harnmenge in d. Minute	Bemerkungen	Zeit der Aufsammlung	Harnmenge in d. Minute
$9^h35'$— $9^h58'$	offen	0.343		—	0.336
10 35 —11 45	wenig verengt	0.175		—	0.212
11 52 —12 31	„	0.290		—	0.448
12 31 —12 36	ganz geschlossen	—		—	—
12 40 — 1 52	offen	0.211	Eiweiss	$12^h40'1^h$ 7'	0.602
1 52 — 2 9	„	0.995	„	1 8 1 50	0.398
2 9 — 2 20	„	1.130	„	1 50 2 33	0.569

Für die folgenden Versuche wurde eine Klemme gewählt, deren obere Weite 7·8 Mm. beträgt, wenn die unteren Arme ganz aneinander gedrückt sind.

VI. Versuch.

Linke Niere			Rechte Niere	
Zeit der Aufsammlung	Obere Weite der Klemme in Mm.	Harnmenge in d. Minute	Harnmenge in d. Minute	
$12^h25'$—$12^h46'$	offen	0.315	0.231	—
1 17 — 2 2	8.1	0.185	0.229	—
2 19 — 2 53	8.0	0.142	0.235	—
3 14 — 3 41	offen	0.273	0.228	—
4 17 — 5 22	8.0	0.155	0.276	—
5 39 — 5 58	offen	0.301	0.358	—
6 28 — 6 50	8.0	0.130	0.291	—

VII. Versuch.

Linke Niere					Rechte Niere	
			Harnstoff			
Zeit der Aufsammlung	Obere Weite der Klemme in Mm.	Harnmenge in der Minute	Proc.	in der Minute	Harnmenge in der Minute	in der Minute
$1^h15'$—$1^h49'$	offen	0.150	11.9	—	0.145	—
2 7 —2 36	8.2	0.130	—	—	0.103	—
2 57 —3 29	8.0	keine Absonderung	—	—	0.162	—
3 32 —4 16	8.2	0.121	7.2	—	0.162	—
4 31 —5 0	offen	0.226	9.3	—	0.254	—
5 11 —6 12	8.1	0.067	5.0	—	0.189	—
6 16 —6 39	offen	0.214	—	—	0.124	—

Bei der Einstellung von 8·0 Mm. hatte die Arterie eine feine Oeffnung, durch welche Blut floss; trotzdem hatte die Secretion aufgehört. Nach dieser Pause enthielt jedoch der Harn kein Eiweiss.

VIII. Versuch.

Linke Niere					Rechte Niere		
Zeit der Aufsammlung	Obere Weite der Klemme in Mm.	Harnmenge in der Minute	Harnstoff		Harnmenge in der Minute	Harnstoff	
			Proc.	in der Minute		Proc.	in der Minute
12ʰ 19′—1ʰ 12′	offen	0.122	8.6	0.0096	0.204	8.2	0.0167
1 37 —2 22	8.4	0.068	8.3	0.0056	0.229	9.6	0.0239
2 38 —3 0	offen	0.140	8.8	0.0123	0.190	8.1	0.0153
3 21 —6 6	8.2	0.017	4.9	0.0008	0.277	6.8	0.0188

IX. Versuch.

Linke Niere					Rechte Niere		
Zeit der Aufsammlung	Obere Weite der Klemme in Mm.	Harnmenge in der Minute	Harnstoff		Harnmenge in der Minute	Harnstoff	
			Proc.	in der Minute		Proc.	in der Minute
12ʰ 44′—1ʰ 49′	offen	0.096	8.8	0.0084	0.102	7.7	0.0078
2 23 —3 34	8.0	0.035	7.3	0.0025	0.083	9.0	0.0074
3 47 —4 36	offen	0.053	7.5	0.0039	0.090	8.9	0.0080

X. Versuch.

Linke Niere					Rechte Niere		
Zeit der Aufsammlung	Obere Weite der Klemme in Mm.	Harnmenge in der Minute	Harnstoff		Harnmenge in der Minute	Harnstoff	
			Proc.	in der Minute		Proc.	in der Minute
12ʰ 7′—12ʰ 48′	offen	0.140	12.0	0.0168	0.102	13.0	0.0132
1 17— 2 3	8.2	0.137	12.0	0.0164	0.184	10.1	0.0185
2 26— 3 15	8.0	0.062	13.5	0.0083	0.188	11.0	0.0206
3 35— 4 12	offen	0.142	13.3	0.0207	0.191	11.4	0.0217
4 31— 5 58	8.0	0.031	12.5	0.0038	0.181	10.0	0.0181
6 13— 6 32	offen	0.235	5.3*)	0.0124	0.233	10.0	0.0233

*) Diese letzte Harnportion enthielt Eiweiss. Die Theilung des Stammes fand hier nämlich so nahe an der Aorta statt, dass beide Aeste in die

XI. Versuch.

Linke Niere					Rechte Niere		
Zeit der Aufsammlung	Obere Weite der Klemme in Mm.	Harnmenge in der Minute	Harnstoff		Harnmenge in der Minute	Harnstoff	
			Proc.	in der Minute		Proc.	in der Minute
10h 33′—11h 20′	offen	0.110	—	—	0.073	—	—
12 25 — 1 27	8.0	0.072	7.3	0.0052	0.178	9.0	0.0160
1 45 — 2 5	offen	0.277	8.3	0.0229	0.307	9.3	0.0285
2 35 — 2 57	8.1	0.219	9.0	0.0197	0.249	9.7	0.0241
3 42 — 4 26	8.0	0.077	7.2	0.0055	0.193	9.8	0.0189
4 41 — 5 8	offen	0.151	8.1	0.0122	0.131	9.8	0.0128
5 35 — 6 26	8.0	0.060	6.6	0.0039	0.120	9.3	0.0114

Bisher wurden die Beobachtungen an Thieren gemacht, deren Harn in Folge der Fleischnahrung sehr reich an Harnstoff war. Es sollten in einigen ferneren Versuchen die Harnstoffänderungen des verdünnten Harnes untersucht werden.

XII. Versuch.

Dem Hunde wurden vorher 150 Centim. dest. Wasser in die *Vena jugul.* injicirt.

Linke Niere					Rechte Niere		
Zeit der Aufsammlung	Lumen der Arterie	Harnmenge in der Minute	Harnstoff		Harnmenge in der Minute	Harnstoff	
			Proc.	in der Minute		Proc.	in der Minute
11h 44′—12h 30′	offen	0.070	7.4	0.0051	0.086	6.8	0.0058
1 9 — 2 29	verengert	0.033	5.0	0.0016	0.190	4.1	0.0077
2 42 — 3 3	offen	0.342	2.7	0.0092	0.187	4.1	0.0076
3 23 — 4 45	verengert	0.028	4.3	0.0012	0.183	4.5	0.0082
4 57 — 5 17	offen	0.322	2.7	0.0086	0.172	6.0	0.0103
5 36 — 6 32	verengert	0.058	5.4	0.0031	0.165	5.7	0.0094
6 39 — 7 0	offen	0.221	3.5	0.0077	0.175	6.0	0.0105

Klemme gelegt werden mussten. Wahrscheinlich wurde der eine bei der Verengerung zu stark comprimirt.

XIII. Versuch.

Etwa 4 Stunden vor der Operation wurde dem Thiere eine grosse Quantität Wasser in den Magen und kurz vor derselben 70 Centim. in die *Vena jugul.* injicirt.

Zeit der Aufsammlung	Linke Niere: Lumen der Arterie	Linke Niere: Harnmenge in der Minute	Linke Niere: Harnstoff Proc.	Linke Niere: Harnstoff in der Minute	Rechte Niere: Harnmenge in der Minute	Rechte Niere: Harnstoff Proc.	Rechte Niere: Harnstoff in der Minute
11h 40′—12h 33′	offen	0.080	5.5	0.0044	0.083	5.3	0.0043
1 4 — 1 42	verengert	0.085	3.0	0.0025	0.304	2.0	0.0060
1 50 — 2 32	offen	0.171	3.3	0.0056	0.208	2.3	0.0047
2 47 — 3 54	verengert	0.043	3.4	0.0014	0.170	2.4	0.0040
4 4 — 4 38	offen	0.131	3.2	0.0041	0.108	3.7	0.0039
5 3 — 6 9	verengert	0.032	2.7	0.0008	0.167	4.1	0.0068
6 14 — 6 34	offen	0.161	2.6	0.0041	0.148	3.1	0.0045

Es folgen nun einige Versuche über die Ausscheidung des Chlors.

XIV. Versuch.

Vor der Operation wurden in die *Vena jugul.* 100 Centim. Wasser, worin 1 Grm. NaCl gelöst war, injicirt.

Zeit der Aufsammlung	Linke Niere: Lumen der Arterie	Linke Niere: Harnmenge in der Minute	Linke Niere: Chlor Proc.	Linke Niere: Chlor in der Minute	Rechte Niere: Harnmenge in der Menge	Rechte Niere: Chlor Proc.	Rechte Niere: Chlor in der Minute
11h 3′—11h 31′	offen	0.229	0.72	0.0016	0.202	0.69	0.0013
12 15 — 1 29	verengert	0.092	0.27	0.0002	0.212	0.27	0.0005
1 29 — 2 8	offen	0.242	0.20	0.0004	0.265	0.19	0.0005
2 27 — 4 8	verengert	0.033	0.34	0.0001	0.140	0.25	0.0003
4 10 — 4 45	offen	0.177	0.18	0.0003	0.120	0.54	0.0006
5 0 — 6 57	verengert	0.037	0.66	0.0020	0.109		
7 8 — 7 38	offen	0.150			0.131		

XV. Versuch.

Der Hund wurde den Abend zuvor mit Fleisch gefüttert.

Zeit der Aufsammlung	Linke Niere: Lumen der Arterie	Linke Niere: Harnmenge in der Minute	Linke Niere: Chlor Proc.	Linke Niere: Chlor in der Minute	Rechte Niere: Harnmenge in der Minute	Rechte Niere: Chlor Proc.	Rechte Niere: Chlor in der Minute
$9^h36'$— $9^h54'$	offen	0.610	0.23	—	0.485	0.17	—
10 42—11 25	verengert	0.116	0.09	—	0.390	0.11	—
11 36—11 51	offen	0.557	0.06	—	0.410	0.08	—
12 18—12 55	verengert	0 170	0.05	—	0.385	0.07	—
1 23— 2 15	offen	0.099	0.05	—	0.596	0.11	—
2 24— 2 44	verengert	0.300	0.07	—	0.823	0.06	—

B. Versuche über das Verhältniss der Spannungen in den Glomeruli und Harncanälchen.

Wird die Harnflüssigkeit aus den Glomeruli unter dem Einfluss des Blutdruckes abgesondert, so muss, gleiche Spannung in den Glomeruli vorausgesetzt, die Absonderung um so langsamer erfolgen, je grösser der Gegendruck ist, unter dem die Flüssigkeit im Ureter, also auch in den Harncanälchen steht, und sie wird schliesslich aufhören, wenn gar kein Druckunterschied besteht. Diese Voraussetzung stützt sich auf eine Erfahrung; wenn man nämlich ein Manometer in den Ureter einführte, welcher einige Stunden lang unterbunden gewesen, so wurde das Quecksilber von der angesammelten Flüssigkeit nur um 40 Millim. gehoben. Um nun durch Gegendruck die Harnabsonderung nicht zu unterdrücken, sondern nur zu verlangsamen und die unter diesen Umständen abgesonderte Flüssigkeit zur Bestimmung der Menge und der Zusammensetzung zu gewinnen, wurde folgendermassen verfahren:

Eine Glascanüle besteht aus zwei Schenkeln, einem absteigenden, der an der Spitze zum Einfügen in die Canüle des Ureters passend gekrümmt ist, und einem aufsteigenden, der mit dem Ansammlungsröhrchen durch Kautschuk verbunden wird. Giesst man Quecksilber in die Canüle, so drängt die sich ansammelnde Flüssigkeit dasselbe allmälig in den aufsteigenden Schenkel und fliesst somit unter constantem Gegendruck aus. Besteht der aufsteigende Schenkel aus zwei durch Kautschuk verbundenen Theilen, so ist es leicht, während des Versuches die Höhe der Quecksilbersäule beliebig zu verändern.

Da in dem nach Unterbindung des Ureters aufgestauten Harne der Procentgehalt an Harnstoff abnimmt, an Kreatin aber zunimmt, so musste durch einen Versuch ermittelt werden, ob auch der durch den Gegendruck verlangsamte Harn diese Körper in einem ähnlichen Verhältniss enthielte. In der That waren die Erscheinungen ganz ähnliche, und ich verfuhr nun zur Trennung, respective Bestimmung der beiden Körper so, dass ich den durch Verdampfen des Harnwassers erhaltenen Rückstand zuerst mit kaltem absolutem Alkohol, sodann mit heissem verdünnten auszog. Das erste Extract enthielt sämmtlichen Harnstoff, dessen Gewichtsmenge in der oben angegebenen Weise bestimmt wurde, in das zweite war das Kreatin übergegangen, welches durch Umkrystallisiren aus Alkohol und Wasser von den übrigen Stoffen getrennt und rein hergestellt werden konnte. Die Gewichtsbestimmung des Kreatins darf natürlich nicht als genau angesprochen werden.

1.

Der Versuch wird am linken Harnleiter ausgeführt.

Zeit der Aufsammlung	Harnmenge in der Minute	Gegendruck in Mm. *Hg*.	Bemerkungen.
$10^h\ 0'$—$12^h\ 5'$	0.083	30	Die erste Aufsammlungsdauer fasst hier auch die Zeit in sich, die zum Ueberwinden des *Hg*-Drucks gebraucht wurde.
12 5—12 38	0.421		
12 38—12 45	2.085		
12 45—12 55	1.688		
12 58— 1 10	1.075		
1 10— 1 22	1.602		
1 22— 1 34	1.390		
1 37— 2 0	0.678	40	
2 0— 2 54	0.423		
2 54— 3 40	0.310		
3 40— 4 28	0.364		

2.

Linker Ureter			Rechter Ureter		
Zeit der Aufsammlung	Harnmenge in der Minute	Gegendruck in Mm. *Hg*.	Zeit der Aufsammlung	Harnmenge in der Minute	Gegendruck in Mm. *Hg*.
$11^h53'$—$12^h45'$	0.293	30	$11^h53'$—$12^h38'$	0.195	30
12 45— 2 56	0.113		12 38— 1 19	0.370	
2 56— 3 55	0.225		1 19— 2 58	0.213	
			2 58— 4 22	0.218	

Die Ansammlung begann, als um $11^h 53'$ der Druck auf beiden Seiten überwunden war. Links hörte die Excretion bald nach $3^h 55'$ auf, rechts um $4^h 22'$.

3.

Rechter Ureter.

Zeit der Aufsammlung	Harnmenge in der Minute	Harnstoff-Procent	Gegendruck in Mm. *Hg*.	
$12^h\ 0'$—$2^h 20'$	0.086 }	1.6	50	Um 12 Uhr floss der Harn aus der Glascanüle.
2 20—4 55	0.091 }			
4 55—5 59	0.250	3.8	30	

4.

Der Harn floss aus dem linken Ureter frei, aus dem rechten unter Gegendruck ab.

Rechter Ureter				Linker Ureter			
Zeit der Aufsammlung	Harnmg. in d. Minute	Harnstoffproc.	Kreatinproc.	Zeit der Aufsammlung	Harnmg. in der Minute	Harnstoffproc.	Kreatinproc.
$10^h 15'$—$1^h 50'$	0.065	1.0	0.8	$10^h 15'$—$10^h 35'$	0.750 }	3.0	0.2
2 0—3 35	0.142	3.7	0.3	10 35—11 38	0.510 }		
				11 38— 2 15	0.199 }		
				2 15— 4 15	0.116 }		

Der *Hg*-Druck betrug
von $10^h 15'$—$1^h 50'$ = 55 Mm.
„ 2 0—3 35 = 10 „

Der Ausfluss aus der Glascanüle wurde unter 55 Millim. *Hg*-Druck immer langsamer und schliesslich ganz unterbrochen. Als man den Druck auf 10 Millim. erniedrigt hatte, wurde der Harn nur durch die Zusammenziehung des Ureters ausgetrieben, denn das Quecksilber stand in beiden Schenkeln gleich und wurde nur beim Ausfliessen des Harns in die Höhe gedrückt.

5.

Durch einen kurzen Verschluss der linken Arterie wurde eine sehr schnelle Absonderung von Eiweissharn erzielt. Da hier die absondernden Kräfte als besonders wirksam gedacht werden mussten, so war dieser Fall ausserordentlich günstig, das Verhältniss zwischen Absonderung und Gegendruck zu beobachten.

Ungehinderter Ausfluss.

Linker Ureter		Rechter Ureter	
Zeit der Aufsammlung	Harnmenge in der Minute	Zeit der Aufsammlung	Harnmenge in der Minute
$1^{h}52'$—$2^{h}9'$	0.995	$1^{h}8'$—$1^{h}50'$	0.398
2 9—2 20	1.130	1 50—2 33	0.569
Links wird die Glascanüle eingefügt; die Höhe der zu überwindenden *Hg*-Säule beträgt 50 Mm.			
2 20—4 6	Ansammlung des Harns, bis die Spannung den angegebenen Werth erreicht hatte, und der Ausfluss begann.		
4 20—4 36	0.203	2 33—3 4	0.462
Der Gegendruck wird wieder beseitigt, der Inhalt des Ureters entleert.			
4 41—4 45	2.650	3 4—3 58	0.483
4 45—4 51	2.213	3 58—4 29	0.421
		4 29—4 51	0.838

Der Widerstand, welcher durch die Quecksilbersäule in den Ureter eingeführt wird, verursacht wie die Unterbindung so lange eine Anstauung des Harns in den ausführenden Gängen, bis er überwunden ist.

Die Harnabsonderung wird verlangsamt, wenn der Widerstand unter einer bestimmten obern Grenze sich erhält; auch bei der am höchsten gesteigerten Absonderungsgeschwindigkeit ist eine Quecksilbersäule von 60 Millim. Höhe nicht mehr überwunden worden. Bis zu dieser Grenze nimmt die Geschwindigkeit der Harnabsonderung mit dem wachsenden Hinderniss ab.

Durch den gehinderten Abfluss des Harns musste der Druck in den Glomeruli etwas erhöht werden. Denn in Folge der Anfüllung des Beckens werden die Blutgefässe comprimirt und zwar die Venen mehr als die Arterien, so dass das Blut mit geringerer Geschwindigkeit aber unter höherer Spannung die Niere durchströmen muss. Die Folge dieser Druckänderung würde sein, dass auch die Spannung der Flüssigkeit, welche in den ausführenden Gängen der Niere angestaut ist, zunimmt.

Dieser Anschauung kommt folgender Versuch zu Hülfe: Ein Hund wurde narkotisirt, in die Nierenvenen wurde eine Canüle zum Auffangen des Blutes eingefügt, der Ureter mit Wasser unter einem Druck von 35 Millim. *Hg*. abwechselnd gefüllt und entleert. Das Blut floss bei jeder Anfüllung des Ureters zwar noch mit ziemlicher Geschwindigkeit, aber doch beträchtlich langsamer als nach der Entleerung desselben.

Die Zusammensetzung des Harns ändert sich ebenfalls entsprechend den bei der Unterbindung des Ureters gemachten Erfahrungen. Der Procentgehalt an Harnstoff nimmt ab, und zwar um so mehr, je grösser der Gegendruck ist, je langsamer also der Harn ausfliesst. Dieser Harn enthält auch Kreatin in merklicher Menge; über das quantitative Verhältniss dieses Körpers zu dem abgeschiedenen Harnwasser lässt sich nichts Bestimmtes aussagen; es scheint jedoch, dass mit der langsamen Ausscheidung der Procentgehalt zunimmt. In einem Fall enthielt auch der aus der andern Niere ungehindert abgesonderte Harn Kreatin; der Procentgehalt war viel geringer, die in gleichen Zeiten ausgeschiedene Menge beträchtlich grösser, da auf dieser Seite viel mehr Harn entleert worden war. Da in anderen Versuchen nicht einmal wahrnehmbare Spuren von Kreatin aus der freien Niere abgesondert wurden, so kann man auch nicht annehmen, dass der Reichthum des durch Gegendruck verlangsamten oder durch Unterbindung gehemmten Harns an diesem Körper durch eine blosse Aenderung der relativen Verhältnisse bedingt wurde. Die Niere selbst nimmt an Umfang, wie bei der Unterbindung des Ureters zu; nur ist diese Zunahme keine so beträchtliche, weil der Harnabfluss nicht ganz unterbrochen wird.

Endlich sei hier noch erwähnt, dass in allen übrigen Versuchen über den Einfluss der Hemmung oder Unterbrechung des Blutstroms niemals eine in Betracht kommende Kreatinmenge in der Niere gefunden wurde.

III.

Nachdem die auf unsern Gegenstand bezüglichen Versuchsreihen mitgetheilt worden sind, ist es noch erforderlich, die durch verschiedene Mittel gewonnenen Ergebnisse zur Feststellung allgemeiner Gesichtspunkte zu verknüpfen und zur Beantwortung der hier aufzuwerfenden Fragen zu verwerthen.

1. Ueber den Einfluss des Blutdruckes auf die Absonderung des Gesammtharns:

Aus den Versuchen geht hervor, dass mit der Verengerung und Wiedererweiterung der *Art. renalis* die Absonderung des Harns langsamer und schneller wird. Der Eintritt der Wirkungen ist so schnell und bestimmt, die Erscheinungen sind so regelmässig und beständig, und die aus anderen Ursachen hervorgehenden Schwankungen in Absonderung verschwinden gegen den Effect der willkürlichen Aenderungen so entschieden, dass ein Zusammenhang zwischen Blutstrom und Harnsecretion nicht bezweifelt werden kann. Da aber durch unser

Verfahren Geschwindigkeit und Spannung des Blutstromes eine Abnahme erleiden, so müssen die Erscheinungen hinsichtlich der einen oder andern Veränderung genauer analysirt werden.

Die Geschwindigkeit des Blutstromes kann nur in Betracht kommen hinsichtlich der Quantität des Blutes, welche dem absondernden Organ zugeführt wird; soll nun die Wirkung der Verengerung auf die veränderte Geschwindigkeit des Blutstromes bezogen werden, so muss man noch den Zusatz machen, dass in der Niere Kräfte vorhanden seien, welche den Uebergang der Harnbestandtheile in die Canälchen vermitteln. Dies vorausgesetzt, muss die Harnabscheidung so lange dauern, als überhaupt noch Blut durch die Gefässe der Niere strömt. Es wurde aber durch den Versuch am lebenden Thiere festgestellt, dass nicht nur die Abnahme der Harnsecretion in keinem Verhältniss steht zur Abnahme der Geschwindigkeit des Blutstromes, sondern dass auch die Harnausscheidung ganz aufhörte, während noch ein ziemlich rascher Blutstrom durch die Niere ging. Ebenso wurde die Harnausscheidung aufgehoben, wenn die Spannung in den Harncanälchen ein gewisses Maximum erreichte; auch in diesen Fällen war die Stromschnelle des Blutes noch ziemlich bedeutend. Aus diesen Hinweisungen ergibt sich offenbar, dass die Geschwindigkeit des Blutstromes in keinen ursächlichen Zusammenhang zu bringen ist mit den Aenderungen der Harnabsonderung.

Die Harnabsonderung muss somit als eine Function des Blutdruckes betrachtet werden. Die Ausscheidung wird langsamer oder schneller je nachdem der Druck ab- oder zunimmt, sie hört ganz auf, wenn er auf einen allzuniedrigen Werth herabsinkt. Zur Harnabscheidung ist es daher unerlässlich, dass der Blutdruck in den Gefässwindungen eine untere Grenze nicht erreiche. Durch eine andere Reihe von Versuchen ist ebenfalls bewiesen worden, dass die Harnabsonderung von den Druckunterschieden zwischen dem Inhalt der Harncanälchen und Blutgefässe abhängig sei.

Der Blutdruck darf auch eine bestimmte obere Grenze nicht überschreiten, wenn die Zusammensetzung des Harns normal bleiben soll. Man ist wenigstens gezwungen die Eiweissabsonderung nach Verschliessung der Arterie als eine Folge des übermässig erhöhten Blutdruckes aufzufassen, denn von allen Aenderungen, die hier möglich sind, ist wohl diejenige des Blutdruckes, die am meisten hervortretende; durch die Unterbrechung des Blutstromes stockt der Abfluss und die Blutkörperchen bleiben in den Capillaren liegen, so dass dem von Neuem durch die Niere strömenden Blute ein grösserer

Widerstand geschaffen worden ist. Demgemäss nimmt auch das Eiweiss allmälig ab, und würde vielleicht ganz verschwinden, wenn die Dauer der Beobachtung eine längere sein könnte. Die Resultate, welche nach Unterbindung eines Astes der *Art. renalis* erhalten wurden, stehen hiermit nicht im Widerspruch, denn die Gerinnsel, welche nach Eröffnung der Ligatur allmälig in die grösseren Venen getrieben werden, hemmen den Stromlauf in dem ganzen Gefässystem der Niere.

Wenn der Blutdruck als der wirksame Factor der Harnabsonderung bezeichnet wird, so ist damit nicht der Ausspruch gethan, dass diese Kraftquelle genüge, um die eigenthümlich zusammengesetzte Harnflüssigkeit aus dem Blute abzuscheiden; man kann vielmehr voraussetzen, dass die Ganglien und besonders die Epithelialzellen der Niere in diesem Process eine wichtige Rolle spielen. Als unbestreitbare Thatsache ergibt sich aber aus den Versuchen, dass der Druck die nothwendige Bedingung ist für die Abscheidung der Harnflüssigkeit aus dem Blute: wenn Blut unter niedriger Spannung die Niere durchströmt, und dennoch keine Absonderung erfolgt, so sind alle anderen Bedingungen vorhanden, ausgenommen die frühere Spannungshöhe, denn die Secretion erfolgt unmittelbar, wenn der Blutstrom eine höhere Spannung wieder annimmt.

2. Ueber den Einfluss des Blutdruckes auf das Verhältniss des Harnwassers zum Harnstoff und Chlor:

Das Verhältniss des Wassers zum Harnstoff.

Aus den vorstehenden Versuchen erkennt man, dass das Verhältniss zwischen Wasser und Harnstoff sich beständig ändert. Diese Aenderung erfolgt entweder bei variabler Absonderungsgeschwindigkeit des Gesammtharns oder bei gleichbleibender.

Betrachten wir die Harnabsonderung hinsichtlich der in der Zeitfolge ab- und zunehmenden Geschwindigkeit, so waren uns bisher nur diejenigen Fälle bekannt, in welchen, alles übrige gleich gesetzt, mit der Vermehrung des in der Zeiteinheit gelassenen Harns der Quotient aus dem Wasser in den Harnstoff kleiner und umgekehrt mit der Verminderung grösser wird. Die in den obigen Zahlenbelegen enthaltenen Beobachtungen zeigen nun aber, dass auch mit abnehmender Absonderungsgeschwindigkeit der genannte Werth sinken oder unverändert bleiben kann. Dieses Verhältniss lässt sich im Anschluss an die gewöhnlich beobachteten Erscheinungen über die Abscheidung des Harnstoffes nicht ableiten.

Es wäre allerdings nach unseren Erfahrungen über die Bedeutung des Blutdruckes für die Harnabsonderung unnöthig, auf diejenige Hypothese Rücksicht zu nehmen, welche den Zellen ganz eigenthümliche Kräfte zur Absonderung des Harnstoffes beilegte. Dennoch soll zur Vervollständigung einer schon früher versuchten Beweisführung mit wenigen Worten gezeigt werden, dass die Folgerungen, welche sich aus jener Annahme entwickeln lassen, mit den hier verzeichneten Thatsachen im vollkommenen Widerspruche stehen. Würde das Harnwasser durch den Blutdruck aus den Glomerulis, der Harnstoff aber mittelst der Zellen in dem ganzen Verlauf der Harncanälchen abgeschieden, so müssten, wenn die Geschwindigkeit der Absonderung so viel geringer wird, als es nach Erniedrigung des Blutdruckes geschehen, die Harnstoffprocente offenbar bedeutend zunehmen und ganz besonders, wenn nach Unterbrechung der Absonderung bei bestehendem Blutstrom das Wasser sehr langsam die Canälchen wieder durchsetzt *). Ebenso müsste die Niere selbst, wenn der Druck zur Ausscheidung des Wassers zu niedrig wird, mit Harnstoff sich anfüllen. Die Thatsachen zeigen ganz andere Vorgänge und müssen, wenn man sich der beträchtlichen Abnahme des Harnstoffes bei Anwendung eines Hemmnisses oder des fast gänzlichen Verschwindens bei der Unterbindung des Ureters erinnert, zu der Ansicht führen, dass der Harnstoff nur an einer beschränkten Stelle des Harncanälchens, also etwa aus dem Glomerulus abgeschieden wird.

Die Annahme, dass ursprünglich eine verdünnte Harnstofflösung aus dem Glomerulus ausgeschieden werde, die durch Diffusion je nach der Lebhaftigkeit der Absonderung von ihrem Wasserreichthum einbüsse, hat die bis jetzt bekannten Veränderungen hinreichend erklärt. Sie passt aber nicht zu der Thatsache, dass der Harnstoffgehalt sich mindert bei verlangsamter Ausscheidung eines sehr concentrirten Harns und fast unverändert bleibt, wenn der Harn ein verdünnter ist**).

Es würde sich also darum handeln, für diese Veränderung eine andere Erklärung zu gewinnen, und es liegt am nächsten, diese wiederum in der Diffusion zu suchen. Nehmen wir an, dass die ursprünglich abgesonderte Harnstofflösung eine sehr concentrirte sei, so muss den bekannten Diffusionsregeln ge-

---

*) Siehe den 7. Versuch.

**) Im 12. Versuch ist allerdings der langsamer entleerte Harn concentrirter. Dafür hat aber auch die Geschwindigkeit nach Wiedererweiterung der Arterie so zugenommen, dass doppelt so viel Harn entfernt wird wie auf der andern Seite.

mäss der Harnstoff aus den Canälchen bei längerem Aufenthalt in das Blut zurücktreten *). Für diese Annahme spricht der Umstand, dass nur bei sehr langsamer Absonderung eines concentrirten Harns eine Abnahme des Harnstoffgehaltes beobachtet wird, dass diese Abnahme grösser wird, wenn der langsame Ausfluss unter einem sehr hohen Gegendruck erfolgt, und dass der Harnstoff fast verschwindet, wenn durch Unterbindung des Ureters der Harn in der Niere längere Zeit zurückgehalten wird. Ist dagegen die ursprünglich abgesonderte Flüssigkeit weniger harnstoffreich, so hat die durch die Verengerung der Arterie bewirkte Verzögerung der Harnentleerung keine Abnahme des Harnstoffgehaltes zur Folge, er nimmt jedoch ebenfalls ab bei einem durch Gegendruck verlangsamten Ausfluss. Letzterer Umstand würde also zu der Voraussetzung führen, dass auch in diesem Falle die Harnflüssigkeit harnstoffreicher sein müsse, als das Blut.

Wenn nun gewichtige Gründe vorhanden sind, die Diffusion als die Ursache der Verminderung des Harnstoffgehaltes anzuerkennen, so müssen dem gewöhnlich zum Vorschein kommenden Verhältniss zwischen Wasser und Harnstoff Bedingungen zu Grunde liegen, die nicht in den Canälchen, sondern jenseits derselben, in den Glomeruli zu suchen sind. Die Flüssigkeit, welche aus den Glomeruli abgesondert wird, muss deshalb den Harnstoff in einem andern Verhältniss enthalten als das vom Eiweiss befreite Blutserum; ihr Procentgehalt an Harnstoff könnte nicht geringer sein, als der des fertigen Harns, welcher die Papillen verlässt, er könnte nur wechseln mit der Grösse der Wasserausscheidung, denn es lässt sicht nicht annehmen, dass die Flüssigkeit ursprünglich eine verdünnte sein kann, die durch kürzeren Aufenthalt in den Canälchen concentrirter, durch längeren, d. h. also in Folge einer Umkehr des Diffusionsstromes, wieder verdünnter wird. Wie nun die Flüssigkeit den Reichthum an Harnstoff in die Canälchen mitbringt, wie sich die Concentration mit dem Unterschiede des Blutdrucks ändern kann, worin die eigentliche Bedeutung der zahlreichen die Canälchen umspinnenden Capillaren besteht, sind Fragen, zu deren Beantwortung keine Thatsachen vorliegen.

Die Thatsachen, welche aus diesem Abschnitt der Untersuchung sich ergeben, sind kurz folgende: Die Menge des Harnstoffes, welche die Niere in der Zeiteinheit absondert, wächst mit der schnellen Entleerung des Harns, also auch, alles Andere gleichgesetzt, mit dem steigenden Blutdruck. Dabei ist

*) Siehe die Diffusionsversuche von F. Hoppe, Virchow's Archiv XVI.

der reichlicher gelassene Harn ärmer an Harnstoffprocenten als der langsamer entleerte und dieser wieder reicher als derjenige Harn, dessen Absonderungsgeschwindigkeit eine möglichst niedrige ist. Hier ist der Einfluss des Blutdruckes ein directer.

Ohne Zunahme des Blutdruckes wächst die Harnstoffmenge, wenn ein Ueberschuss von Harnstoff oder ein solcher von Wasser durch die Niere fortgeführt wird.

Im ersten Fall bleibt die Harnmenge unverändert oder sie wächst, die Harnstoffprocente aber nehmen allmälig zu. Hierzu lässt sich Folgendes anführen: Die Niere schafft nicht allen Harnstoff, sondern nur den überschüssigen aus dem Blute fort; es lässt sich daher annehmen, dass bei dieser Aenderung der Harnstoffausscheidung der Ueberschuss an diesem Körper sich gemehrt, d. h. dass das Verhältniss desselben zu den übrigen ausscheidbaren festen Bestandtheilen des Blutes zugenommen hat. Unterstützt wird diese Ansicht durch die meist gleichzeitige Vermehrung des Harnstoffes auf beiden Seiten: es sind aber noch Versuche erforderlich, welche beweisen, dass eine Aenderung jenes Verhältnisses sofort die entsprechende Wirkung auf die Ausscheidung des Harnstoffes ausüben.

Im zweiten Fall vermehrt sich die Harnmenge, während der Harnstoffgehalt abnimmt. Eine solche Absonderungsänderung tritt ein nach Erhöhung des Wassergehaltes des Blutes in Folge von Injectionen.

Das Verhältniss zwischen Wasser und Chlor.

Da das Verhältniss zwischen Wasser und Chlor äusserst variabel ist, so dass mit der steigenden Harnmenge der Quotient bald zu- bald abnimmt, so fehlt jeder Anhaltspunkt, um aus den vorliegenden Versuchen zu entscheiden, ob bei sehr verlangsamter Abscheidung eine dem Harnstoff analoge Verminderung eintritt. Doch ist dieselbe unwahrscheinlich, weil durch die langsame Abscheidung die sonst hervortretende Regel, dass auf beiden Seiten der Chlorgehalt gleich bleibt, nicht gestört wird.

Diese Regel deutet nun aber darauf hin, dass die Ursache der Chloränderung in einer für beide Nieren gleichmässig veränderlichen Bedingung liegen müsse, wahrscheinlich in der Menge von Chlorverbindungen, welche wegen eines loseren Verhältnisses zum Blute der Niere zur Ausscheidung überliefert werden muss.

Beiträge zur Physiologie der Haut.

Von

Dr. M. Edenhuizen

in Göttingen.

(Hierbei Tabelle 1—3 und Tafel I.)

Die Wichtigkeit der unterdrückten Hautperspiration als ätiologischen Momentes vielfacher Erkrankungen, sowie die neuerdings von Bernard nach Versuchen am Pferde aufgestellte Behauptung, dass man Thiere, deren Hautoberfläche mit einer hermetisch schliessenden Decke überzogen wurde, durch Bildung eines kleinen Fensters von einigen Centimetern am Leben erhalten könne, veranlassten mich, die physiologischen Vorgänge bei den seit Fourcault so vielfach wiederholten Versuchen über die Folgen einer künstlichen Unterdrückung der Hautperspiration während des Sommersemesters 1861 im hiesigen pathologischen Institut unter Leitung des Herrn Professor Krause neuen Untersuchungen bei verschiedenen Thieren zu unterwerfen.

Wahrscheinlich besass schon Santorio Santori Kenntniss von den gefährlichen Folgen der künstlich unterdrückten Hautperspiration. In seiner 1614 zuerst erschienenen Schrift: Sanctorii Sanctorii de statica med. aphorismi sectiones septem Tom. I, editore P. Noguez. Paris. 1725 findet sich Sect. I. aphor. 86 p. 154 der Satz aufgestellt: Perspiratio insensilis non solum principum sed unius partis infimae omnino vetita vitam tollit. Es war ihm bekannt, dass man durch Auftragen von Fett, Oel oder Wachs die Perspiration unterdrücken kann. Die Folgen einer durch derartige Massen bewirkten auch nur partiellen Unterdrückung der Perspiration hielt er für so eingreifend, dass er um dieser Eigenschaft willen die Anwendung der

selben bei bösartigen Geschwüren für höchst nachtheilig erklärt. Sect. I. aphor. 117. pag. 213 lautet: Nihil magis nocet ulceribus malignis, quam quae prohibent perspirationem, ut adeps, oleum et cera. Von Albrecht von Haller wurde schon bedauert, dass Santori nirgends genauere Rechenschaft über die mannichfachen von ihm angestellten Experimente ablegte, sondern nur die daraus gezogenen Schlüsse mittheilte. Wenn man bedenkt, dass derselbe Sanctorius es war, welcher zuerst das Thermometer anwendete, um die Körpertemperatur von Kranken zu bestimmen, dass er einen Pulsmesser construirte, dass er die Tracheotomie ausführte und die Canüle drei Tage liegen liess, auch ein künstliches Instrument erfand, um Steine aus der Harnröhre zu entfernen, so dürfte daraus die geistige Bedeutung des grossen Jatromathematikers hinlänglich erhellen; und da spätere Erfahrungen seine Aussprüche sowohl über die Möglichkeit als auch über den verderblichen Einfluss einer mechanischen Hemmung der Perspiration in so auffallender Weise bestätigt haben, so könnte dieses zu der Annahme berechtigen, dass dergleichen Sätze nicht auf blosse Vermuthungen hin, sondern gestützt auf exacte Experimente irgend welcher Art von ihm hingestellt worden sind. Die ersten bekannt gewordenen Versuche über künstliche Unterdrückung der Perspiration stellte Fourcault*) an. Er experimentirte an verschiedenen Thierarten, deren Haut er mit einer hermetisch schliessenden Decke überzog. Zu diesem Zwecke wurde die Haut der Säugethiere durch Scheeren, der Vögel durch Rupfen entblösst, und dann mit irgend einem zur Bildung einer solchen Decke geeigneten Stoffe überzogen. Dergleichen von ihm angewandte Ueberzugsmassen sind: Theer, Leim, Dextrin, Pech und verschiedene Pflastermassen.

Seine Versuche zerfallen in zwei Gruppen: eine, worin die Thiere ganz, eine zweite, worin sie nur zum Theil oder nach und nach überzogen wurden. Vollständig überzogene Thiere gingen unter Entwickelung von acuten Entzündungen zu Grunde.

Sectionsbefunde bei ihnen waren: Muskelhyperämie, Ueberfüllung der Herzhöhlen und grossen Gefässstämme mit geronnenem Blut.

Auf allmäliges oder partielles Ueberziehen erfolgten subacute Entzündungen, chronische Irritationen, Tuberkelbildung in verschiedenen Organen, denen die Thiere gleichfalls bald erlagen.

---

*) Comptes rend. 26. März 1838. tom. VI. pag. 369.

Zu ähnlichen Resultaten gelangte Ducros*). Er sah die Symptome von Unbehaglichkeit und Uebelbefinden schon einige Minuten nach Anbringung des Ueberzugs auftreten. Beschleunigt wird nach ihm der Eintritt des Todes durch Einwirkung der Elektricität; der Kälte, wenn der Ueberzug durch Metallplatten gebildet wird, oder wenn man diesen Metallplattenüberzug mit Gummi überzieht, während dieselbe bei einem blossen Gummiüberzuge den Tod verzögern soll.

Becquerel und Breschet**) überzogen Kaninchen mit einer Mischung von Leim, Talg und Harz und beobachteten dabei ein Sinken der Eigenwärme dieser Thiere um 14—18° C. in 1—1 1/2 Stunden, worauf bald der Tod erfolgte. Sie suchen die Todesursache in dieser Temperaturerniedrigung und bemerken, dass man bei gehemmter Verdunstung der durch die Haut transpirirten Stoffe eher ein Steigen als Sinken der Temperatur hätte erwarten sollen.

Gluge***) experimentirte an Kaninchen und Fröschen. Einigen dieser Thiere wurde die ganze, anderen der grösste Theil der Körperoberfläche überzogen. Bis auf einen Frosch, dem nur die Bauchseite und die Schwimmhäute bestrichen worden, starben sämmtliche Versuchsthiere; die Kaninchen nach drei bis sechs Tagen, die Frösche viel früher. Die Frösche wurden zunächst wie betäubt, gegen Reize unempfindlich, dabei die Athembewegungen verlangsamt, bis sie ganz aufhörten. Dann wurde die Cirkulation unregelmässig, gerieth schliesslich ins Stocken und damit trat der Tod ein.

Die Section ergab in allen Fällen dünnflüssiges, an der Luft gerinnendes Blut, in den meisten seröse Ansammlungen in der Brust- und Bauchhöhle, im Gehirn, Rückenmark und den Muskeln, starke Injection der Nieren. Bisweilen war das Gehirn hyperämisch, die Lunge hepatisirt.

Magendie †) experimentirte an Kaninchen und gelangte zu gleichen Resultaten wie die Vorigen. Er bemerkt, dass die Thiere wie asphyktisch zu Grunde gehen.

Henle††) sucht die Todesursache, wenn nicht in der Zurückhaltung von Kohlensäure, Wasser, Ammoniak, flüchtigen Säuren oder noch wenig gekannten Riechstoffen (wie sie normal beim Menschen, z. B. in der Achselhöhle oder Leisten-

*) Froriep's Notizen Bd. XIX. 1841. S. 296.

**) Archives générales de médecine tom. XII. 1841. pag. 517.

***) Abhandlungen zur Physiologie und Pathologie. Jena. 1841 S. 66.

†) Gaz. méd. 1846. 6. December.

††) Rat. Pathol. Bd. II. 1846. S. 442.

gegend, wahrnehmbar sind), so in irgend einer unbekannten Materie, die entweder im Blute gebildet wird, oder sich aus den Substanzen entwickelt, welche nach der Absperrung in den Schweiss- und Hautbalgdrüsen stocken.

Gerlach *) experimentirte an Kaninchen und Pferden. Er überzog sämmtlichen Versuchsthieren die ganze Hautoberfläche und beobachtete dabei, an den Kaninchen: sofortiges Aufhören der Fresslust, nach einigen Stunden bedeutendes Zittern, grosse Ermattung, beschleunigtes Athmen und Sinken der Temperatur. Der Tod trat nach 12 bis 40 Stunden ein. Sectionsresultate waren: Ueberfüllung der Blutgefässe unter der Haut mit dunklem Blute; in den Arterien und Herzventrikeln, besonders rechterseits, grosse lockere Blutcoagula; purpurrothe Färbung und Blutüberfüllung der Lungen. Die Harnblase enthielt eiweisshaltigen Urin.

Die Pferde zeigten folgende Erscheinungen:

Nach 24 bis 30 Stunden vermehrte Pulsfrequenz, sowie vermehrte Fülle der Arterien, welche letztere bald seiner Angabe nach aufhörte, sobald eine gesteigerte Secretion von zugleich eiweisshaltigem Harn aufgetreten war; etwas beschleunigtes Athmen, periodisch verstärktes Zittern am ganzen Körper; schnell fortschreitende Abmagerung, grosse Hinfälligkeit, besonders gegen das Lebensende, wo sie mit Abnahme der Körpertemperatur verbunden war. Die Hautwärme erregte ein Gefühl von Prickeln in der aufgelegten Hand. Nach einmaligem Ueberziehen erlebten die Pferde die Zeit, wo die eingeölte Epidermis abgestossen wird. Sie erholten sich alsdann langsam, wenn nicht ein zweiter Anstrich die Haut von neuem verschloss, und so auch sie dem langsamen Erstickungstode überlieferte. Nur von einem Thier scheint die Section gemacht zu sein. Dieselbe ergab: Blutüberfüllung des Herzens, besonders des rechten Atriums und Ventrikels, sowie der Lungen, und in geringerem Grade der Hirnvenen. Im Herzen war das Blut geronnen, in den Venen dünnflüssig.

Valentin *) experimentirte an Kaninchen, und kam zu folgenden Resultaten: Ein zum grössten Theil überzogenes Thier kann nach drei- bis sechsstündigem Verweilen in einem Raum, dessen Wärme weniger als 20° C. beträgt, nicht mehr stehen; es macht vergebliche Versuche sich aufzuraffen, oder liegt, ohne auf Reize zu reagiren, wie scheintodt auf der Seite. Der Mangel an Reizbarkeit ist oft an der einen Seite grösser als

---

*) Müller's Archiv 1851. Seite 467.

**) Archiv für physiolog. Heilkunde Bd. II. 1858. Seite 433—488.

an der andern; er scheint durch wiederholte Reizung gehoben zu werden. Die Athembewegungen werden schwach. Bei stürmischen Bewegungsversuchen reisst oft die Haut dermassen ein, dass dadurch bedeutende Blutungen entstehen können. Es kann sich sogar die ganze Haut von einem Körpertheil ablösen. Koth und Urin können in diesem Zustande noch reichlich abgehen, während Futter gewöhnlich verschmäht wird. Die Eigenwärme kann in wenigen Stunden von 39° C. auf 19° C. sinken. Letzteres geschieht um so schneller, je kühler die umgebende Luft und die Unterlage ist, worauf das Thier ruht. Einführung des Thermometers in den Mastdarm ruft bisweilen Gegenbewegungen der Extremitäten und Schreien des Thieres in feinen, hohen, zum Theil heiseren Tönen hervor. In gewöhnlicher Temperatur tritt nun bald der Tod des Thieres ein, während es, in einen zwischen 20° und 40° C. warmen Raum gebracht, sich in wenigen Stunden wieder so weit erholt, dass es sich aufrecht erhalten und kraftvoll bewegen kann. Es athmet wieder lebhaft, reagirt auf jeden Reiz, nimmt sogar bisweilen wieder Nahrung und entleert Koth und Harn. Dieselben Wirkungen hat eine Sommerwärme von 24° bis 25° C. Indessen vermochte eine so hohe Temperatur bei Valentin's Versuchen den Todeseintritt nur zu verzögern, nicht zu verhindern. Nichtgeschorene Thiere lieferten ähnliche Resultate wie die geschorenen. Die Athembewegungen können bis auf $^1/_4$ heruntergehen, sehr schwach und unregelmässig werden und aussetzen. Die Kohlensäureausscheidung kann dabei bis auf $^1/_{10}$ der Norm herabsinken. Ebenso nimmt die Sauerstoffaufnahme ab, jedoch nicht in dem Masse wie die Kohlensäureausscheidung. Die verhältnissmässig starke Sauerstoffaufnahme vermag aber das Sinken der Körperwärme nicht zu verhindern, weil gleichzeitig wenig Kohlensäure frei wird. Die Kohlensäureausscheidung kann durch energische künstliche Erwärmung fast um das Vierfache vermehrt werden, nimmt aber auch dann gegen das Lebensende wieder ab. Die Sauerstoffaufnahme wird dadurch ebenfalls, freilich ohne die Norm zu erreichen, absolut vermehrt, meist relativ (im Vergleich zur Kohlensäureausscheidung) vermindert. Der Harn war, gleichviel ob alkalisch oder sauer, bei Aufenthalt in gewöhnlicher Temperatur mehr oder weniger eiweisshaltig, bei Aufenthalt in erhöhter Temperatur eiweissfrei, bis gegen das Lebensende wieder Eiweiss auftrat. In allen Fällen war der Harn zuckerfrei. Die Procentmengen des Harnstoffs waren unverändert, Leberzucker war in einer Leiche nachweisbar.

Die Sectionsresultate waren folgende:

Die Aussenflächen der Baucheingeweide meist abnorm feucht; nur ausnahmsweise grössere flüssige Exsudate Die Brustorgane und das centrale Nervensystem unverändert. Der Nerven- und Muskelstrom überdauerte häufig lange die lebendige Leistungsfähigkeit.

Nach Bernard's *) Beobachtungen starben Pferde wohl in Folge eines die ganze Haut luftdicht bedeckenden Eiweissüberzuges, nicht aber, wenn nur eine Fläche von einigen Centimetern freigelassen wird. Ja, es erholt sich selbst das schon erkrankte Thier unter allmäligem Nachlass der Krankheitserscheinungen, wenn im Ueberzuge ein kleines Fenster gebildet wird. Bernard glaubt aus diesem Grunde nicht, dass die Todesursache einzig in der Verkleinerung der Respirationsfläche zu suchen sei.

Als erste Aufgabe habe ich mir gestellt, durch genauere Messungen zu bestimmen, wie gross die freigelassene Fläche im Verhältniss zur ganzen Körperoberfläche sein muss, falls das dem Experiment unterworfene Thier nicht direkt in Folge des Ueberziehens, also nicht acut zu Grunde gehen soll. Es wurde also abstrahirt von denjenigen Krankheitserscheinungen, die etwa nach sehr langer Zeit bei Ueberziehen eines sehr kleinen Körpertheils sich entwickeln und ihrerseits den Tod zur Folge haben mögen, wie Tuberkulose etc. Ferner wollte ich durch regelmässige Messungen der Körpertemperatur, mit Berücksichtigung der gleichzeitigen Temperatur der die Thiere umgebenden Atmosphäre, den Einfluss der Grösse der freigelassenen Fläche auf die Krankheitserscheinungen und die Lebensdauer der Thiere genauer bestimmen.

Einem Theil der Thiere wurde die behaarte, einem andern die geschorene Hautoberfläche überzogen. In Fällen, wo die Thiere vor dem Ueberziehen zum Theil oder ganz geschoren wurden, untersuchte ich ihre Inspirationen, Körperwärme etc. vor und nach dem Scheeren, um auf diese Weise etwaige aus dem Scheeren resultirende Fehlerquellen, auf welche C. Krause**) besonders aufmerksam gemacht hat, sicher auszuschliessen. Ebenso wurde der Harn, wo er in Folge spontaner Entlee-

---

*) Leçons sur les propriétés physiologiques des liquides de l'organisme. Paris 1859. tom. II. pag. 177—179.

**) Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. 1844. Bd. II. Artikel „Haut" pag. 168.

rung, wie dies fast regelmässig nach Messungen in der Scheide der Fall war, oder durch gelinden Druck über der Symphyse gewonnen werden konnte, stets im intacten Zustande des Thiers untersucht, und in vielen Fällen auch das specifische Gewicht bestimmt, sonst die Reaction, sowie auf Zucker, Gallenfarbstoff und besonders auf Eiweiss geprüft. Der untersuchte Harn wurde meistens durch unmittelbares Auffangen aus der Harnröhre, also im reinen Zustande erhalten, frisch filtrirt und das Filtrat auf obige Stoffe untersucht. Dass der Harn nicht jedesmal bei jedem einzelnen Thiere untersucht wurde, wobei das Verhältniss des specifischen Gewichts und der Moment des Auftretens von Eiweiss genauer hätten bestimmt werden können als es so der Fall ist, hat darin seinen Grund, dass der aus dem Behälter, wo hinein die Kaninchen und der Hund nach dem Ueberziehen gestellt wurden, aufgefangene Harn häufig Beimischungen von Ueberzugsmassen, Koth etc. enthielt.

Die Prüfung auf Gallenfarbstoff, die übrigens nur ausnahmsweise bei auffallender Färbung des Harns gemacht wurde, geschah durch Zusatz einer Mischung von concentrirter SO_3 und NO_5.

Die Untersuchung auf Zucker wurde ebenfalls nur zuweilen, und mit der Städeler-Krauseschen Probe vorgenommen.

Die Prüfung auf Eiweiss geschah nicht nur durch Zusatz von verdünnter Essigsäure zum Filtrat bis zur schwach sauren Reaction und Kochen der Mischung, sondern jedesmal auch durch Zusetzen von kalter Salpetersäure zum Filtrat. Letztere bewirkte in keinem Falle im Filtrat des Harns von unversehrten oder blos geschorenen Thieren einen Niederschlag oder auch nur eine Trübung. Letztere Thatsache scheint in Widerspruch zu stehen mit einer Mittheilung v. Wittich's *) auf der Naturforscherversammlung 1860, dass der normale Kaninchenharn einen durch Zusatz von NO_5, sowie durch Kochen fällbaren Eiweisskörper enthalte. Für diese gelegentliche Angabe kann ich keine andere Erklärung finden, als dass die Kaninchen, deren Harn v. Wittich untersuchte, bei anscheinend völliger Gesundheit an allgemeiner Tuberkulose gelitten haben, wie es bei diesen Thieren von Prof. Krause nicht selten beobachtet wurde, oder vielleicht auch anderweitig erkrankt gewesen sein mögen.

---

*) Meissner's Jahresbericht in dieser Zeitschrift 3te Reihe, Bd. XIII. S. 355.

Die Bestimmung der Pulsfrequenz wurde bei den Schafen an der Carotis communis, beim Hund sowie bei den Kaninchen an der Herzspitze durch Zählungen des Herzstosses gemacht. Die Athmungsfrequenz würde nach der Zahl der Inspirationen, und letztere nach der Zahl der Erweiterungen des Thorax in einer Minute bestimmt. Um bei beiden letzteren Bestimmungen aus der Unruhe der Thiere resultirende Fehler zu beseitigen, wurden dieselben stets mit möglichster Schonung und Beruhigung durch dargebotene Nahrung vor den Temperaturmessungen ausgeführt. Wo sich auffallende Abweichungen zeigten, wurde die Bestimmung in kurzen Zwischenräumen dreimal wiederholt und dann die arithmetischen Mittel genommen. Zur Bestimmung der Körpertemperatur wurde ein genau gearbeitetes und geprüftes Thermometer, an welchem man 0,4⁰ Cels. direct ablesen konnte, angewandt, dessen Quecksilberbehälter eine cylindrische Form besass und folglich für Messungen im Mastdarm und der Scheide passend eingerichtet war.

Ein Theil der Temperaturmessungen wurde im Mastdarm und in der Scheide, öfters daneben versuchsweise im Ohr vorgenommen. Die Messungen im Ohr sind sehr langwierig und ungenau; beide Uebelstände fallen weg, wenn man im Mastdarm oder der Scheide misst. Hier werden indess auch bei der grössten Vorsicht so häufig wiederkehrende mechanische Insultationen auf die Dauer schlecht vertragen. Es kann dadurch sehr leicht Entzündung der entsprechenden Schleimhaut, selbst allgemeine Peritonitis hervorgerufen werden. Um diesen Uebelständen abzuhelfen, suchte ich nach Gerlach's Vorgange die Messungen in einer Hautfalte anzustellen, was indess nur bei partiellem Ueberzuge thunlich war. Hier gelang es am vollständigsten in der natürlichen Hautfalte zwischen Bauch und Oberschenkel. Wenn man das Thermometer in dieser Falte genau an die Uebergangsstelle vom Bauch auf den Oberschenkel legt, sodann den Oberschenkel einigermassen fest an den Bauch presst, so steigt das Thermometer merklich genau zu derselben Höhe wie in der Scheide. Diese Messungsmethode wurde als die beste festgehalten und vorzugsweise in Anwendung gebracht. Sämmtliche Thiere, an denen experimentirt wurde, waren ausgewachsen und kräftig bis auf das unter Nr. 2 aufgeführte Schaf. Die Kaninchen waren sämmtlich nahezu von derselben Grösse und lebhafte Thiere.

Das zu den Versuchen benutzte Local war durch die Gleichmässigkeit seiner Temperatur ausgezeichnet, um der während der Nacht unberechenbaren Einwirkung der Kälte als störender Complication vorzubeugen. Zum Zwecke des Ueberziehens

wurden die Schafe Nr. 1 und 2, sowie beim ersten Ueberziehen der Hund und die zuerst überzogenen Kaninchen auf einem Tisch resp. Bret zunächst in Rücken-, dann in Bauchlage mit ausgestreckten Beinen befestigt und in jeder dieser Stellungen etwa eine halbe bis eine Stunde liegen gelassen, bis der Ueberzug einigermassen angetrocknet und nun vor Beschädigung möglichst gesichert war. Allein das längere Verharren in dieser widernatürlichen Stellung bewirkte, besonders bei den Schafen, eine etwa eine Stunde nach dem Losbinden fortdauernde Beeinträchtigung der Bewegungen, die sich namentlich am Gange der Thiere zeigte, wodurch das Krankheitsbild einigermassen getrübt wurde. Deshalb wurden alle folgenden Thiere freistehend überzogen. Das Ueberziehen geschah gewöhnlich mit einem Pinsel. Eine besondere Sorgfalt wurde gleich von vorn herein auf das Ueberziehen des Hundes verwandt, so dass an der Vollständigkeit des Ueberzugs gar kein Zweifel möglich blieb. Zur leichteren und schärferen Abgrenzung der freizulassenden Fläche von der zu überziehenden wurde bei partiellem Ueberziehen die eine, und zwar bei den ersten Versuchen bis zum Kaninchen Nr. 18 die freigelassene, von da an die überzogene Fläche mit der Scheere möglichst kahl geschoren, die übrige Haut meist behaart gelassen. Behufs Freilassung einer Fläche von bestimmten Dimensionen wurde nun auf die geschorne Fläche ein entsprechend grosses Stück Papier aufgelegt und von diesem aus das Ueberziehen begonnen. Kam es hingegen darauf an, eine bestimmte Fläche zu überziehen, so wurde ein Papierstück mit einem entsprechend grossen Fenster aufgelegt und die innerhalb dieses Fensters wie in einem Rahmen liegende Fläche überstrichen. Zur Bestimmung der Fläche, die frei bleiben muss, wenn das Thier acut zu Grunde gehen soll, lag es in Folge der obigen Angaben Bernard's nahe, mit der Freilassung einer nur kleinen Fläche von einigen □Centimetern anzufangen. Zur Bestimmung der Grösse der ganzen Körperoberfläche wurden einige Bogen Schreibpapier an der einen Seite mit Mucilago gummi arabici bestrichen, und dann auf der anderen durch feine Striche in lauter Flächen von 1 □Centimeter Grösse getheilt. Mit diesem Papier wurde die ganze Körperoberfläche der gestorbenen oder getödteten Thiere nach vorherigem Rasiren beklebt. Die zur Beklebung erforderliche Menge von □Centimetern des Papiers gab die Grösse der Körperoberfläche unmittelbar an. Aus der bekannten Zahl der überzogenen □Centimeter fand sich sogleich das Verhältniss der überzogenen Fläche zur freigelassenen.

Nähert man einem mit irgend einer Masse überzogenen Kaninchen, welches einige Zeit in einem Kasten gesessen hat, einen mit Salzsäure befeuchteten Glasstab, so entwickeln sich am ganzen Körper, namentlich an den Beinen, starke Salmiaknebel. Diese Salmiaknebel stammen offenbar aus dem Koth und Urin, womit die Thiere, nachdem sie in Folge ihres kranken Zustandes die Neigung sich zu putzen verloren, auch wenn am Kasten Vorrichtungen zum Abfluss des Harns getroffen sind, sich zu beschmutzen pflegen. Es wurden deshalb die Thiere, deren freigelassene Hautoberfläche auf entweichendes Ammoniak untersucht werden sollte, am ganzen Körper geschoren, ihnen eine kleine Fläche auf dem Rücken als der von den Beinen am weitesten entfernten Gegend freigelassen, und dieselben nach dem Ueberziehen in einem geräumigen von Ammoniak freien Locale losgelassen. Auf diese Weise gelang es, wie Prüfungen mit Salzsäure zeigten, vollständig, der Beschmutzung vorzubeugen. Die geschorene Hautoberfläche wurde vor dem Ueberziehen auf entweichendes Ammoniak geprüft und dasselbe in keinem der untersuchten Fälle gefunden.

Die Prüfung auf entweichendes Ammoniak geschah mit Hämatoxylinpapier, von welchem mit demselben destillirten Wasser in gleicher Weise befeuchtete Streifen gleichzeitig und in derselben Entfernung mit reinen Pincetten, die eine über der geschorenen Hautfläche eines gesunden, der andere über derjenigen eines überzogenen Thieres eine gleichlange Zeit gehalten wurden. Diese Untersuchungen wurden zu grösserer Sicherheit vor Täuschungen, unter freiem Himmel an einem von Ammoniak entwickelnden Substanzen freien Orte vorgenommen. Die Untersuchung des Blutes auf Ammoniak geschah auf folgende Weise:

Etwa eine halbe Unze Blut eines in Folge des Ueberziehens soeben gestorbenen und eine gleiche Quantität eines frisch getödteten gesunden Kaninchens wurde in sorgfältig gereinigten Glasschälchen aus der geöffneten Jugularvene aufgefangen und jede Portion für sich mit Aetznatron versetzt. Absichtlich wurde dem Blut des gesunden Thieres eine etwas grössere Quantität Natron zugesetzt wie dem am Ueberzug gestorbenen.

Die Sectionen wurden stets so bald als irgend thunlich nach dem Tode gemacht. Die dazwischen verflossene Zeit ergiebt sich aus den unten folgenden speciellen Sectionsberichten.

Nach diesen für das Verständniss und die Beurtheilung des Ganzen nothwendigen Andeutungen über den Plan der Untersuchungen und die bei denselben inne gehaltenen Me-

thoden lasse ich die Versuche selbst folgen, und zwar sind die von jeder Thierclasse besonders numerirt.

Versuche am Schaf.

Erster Versuch.

Einem weiblichen weisshaarigen Schaf Nr. 1, dem vor einigen Tagen die Wolle kurz abgeschoren wurde, und dessen Körpergewicht etwa 39 Pfund beträgt, wird am 29. Juli Morgens 9 Uhr 10 Min. die ganze Körperoberfläche mit Mucilago gummi arabici überzogen.

Etwa eine halbe Stunde vor dem Ueberziehen gelassener Harn klar, goldgelb, stark alkalisch; kein Eiweiss, Zucker oder Gallenfarbstoff darin nachweisbar; spec. Gew. 1,012.

Sowie der Ueberzug die Hautoberfläche vollständig bedeckt, tritt grosse Unruhe und starkes, während der Inspirationen vermehrtes Zittern ein. Die bis dahin ganz freie Respiration wird merklich verlangsamt und erschwert. Das Thier in- und exspirirt tiefer als in der Norm. Die Inspirationen erfolgen durch die Nase, nach einigen Minuten unter einem lauten, schnarchenden, die Exspirationen durch den Rachen unter einem keuchenden Geräusch. Schon nach einer halben Stunde ist die Nasenschleimhaut stark geröthet und sondert einen dünnflüssigen durchsichtigen Schleim ab, der bei den Exspirationen in mässiger Menge ausgestossen wird. Futter wird verschmäht.

Diese Krankheitserscheinungen dauern unverändert fort, bis nach vier Stunden das Zittern merklich nachlässt, das Thier ruhiger wird und begierig frisst. Die Athmungsbeschwerden dauern fort.

Nach acht Stunden in grosser Menge gelassener Harn klar, hellgelb, stark alkalisch, eiweiss- und zuckerfrei; spec. Gew. unverändert.

Nach zehn Stunden gelassener Harn hat die obige Beschaffenheit; spec. Gew. nicht messbar, weil die Menge nicht ausreicht. Schadhaft gewordene Stellen des Ueberzugs werden ausgebessert.

Nach 22 Stunden gelassener Harn intensiv gelb, klar, stark alkalisch, eiweissfrei, spec. Gew. 1,020. Das Thier zeigt, abgesehen von der noch immer erschwerten Respiration, keine auffallenden Erscheinungen in seinem Verhalten. Der noch immer fortdauernde Schleimausfluss der Nase ist weniger reichlich. Der Schleim hat eine zähe, klebrige Beschaffenheit, ist undurchsichtig, weiss. Der Ueberzug ist defect geworden,

wird ausgebessert, was keine merkliche Aenderung im Verhalten des Thieres hervorruft.

Nach 54 Stunden zeigt der Ueberzug an beiden Seiten der Wirbelsäule mehrere ausgiebige Risse, durch welche etwas Blut hervorsickert. Auch an den Seiten des Thorax und Bauches sind Risse im Ueberzug entstanden, und wird derselbe daher ausgebessert. Nach dem Ausbessern treten dieselben Erscheinungen wie nach dem ersten Ueberziehen, jedoch weniger stark auf.

Nach 58 Stunden 20 Min. gelassener Harn klar, dunkelgelb, stark alkalisch, eiweissfrei, spec. Gew. 1,029.

Nach 70 Stunden hat sich das Thier bis auf die noch immer sehr erschwerte Respiration wieder bedeutend erholt. Im Laufe des Tages hebt sich auch diese immer mehr, während der Ausfluss aus der Nase auf ein Minimum reducirt wird.

Die Temperatur steigt zwischen der 72sten bis 80sten Stunde um 0,6° C. über die Norm hinaus, webei der Puls etwas beschleunigt wird.

Nach 72 Stunden gelassener Harn klar, alkalisch, dunkelgelb, eiweissfrei; spec. Gew. 1,040.

Nach 94 Stunden zeigt das Thier mit Ausnahme der Respirationsbeschwerden durchaus nichts Abnormes. Es werden die Messungen behufs Schonung der Scheidenschleimhaut einstweilen ausgesetzt.

Am 5. August zeigt das Thier keine merkliche Aenderung. Der jetzt sehr defect gewordene Ueberzug wird durch Waschen mit lauwarmem Wasser gänzlich entfernt, sodann die ganze Körperoberfläche mit Rasirmesser und Scheere möglichst kahl geschoren. Um den Einfluss des Scheerens zu ermitteln, wird mit dem Ueberziehen vorläufig gewartet.

Den 6. August. Das Thier zeigt ein vollkommen normales Verhalten, die Respiration ist frei. Abends 7 Uhr gelassener Harn klar, hellgelb, alkalisch, eiweissfrei; spec. Gew. 1,005. Dasselbe Verhalten zeigte das Thier am 7. und vor dem Ueberziehen am 8. August.

Am 7. August Morgens 9 Uhr 10 Min. gelassener Harn klar, schwachgelb, alkalisch, eiweissfrei; spec. Gew. 1,010.

Am 8. August Morgens 9 Uhr wird die ganze Körperoberfläche mit Mucilago gummi arabici überzogen. Es treten die nämlichen Erscheinungen wie nach dem ersten Ueberziehen, jedoch in viel geringerem Grade ein. Die Respiration wird erschwert, aber nicht verlangsamt, bald sogar beschleunigt. Der Puls wird noch mehr als nach dem ersten Ueberziehen beschleunigt. Der Nasenausfluss kehrt wieder, ist aber sehr

unbeträchtlich. Dieser sowohl wie das von vorn herein unbedeutende Zittern lassen bald ganz nach. Das Thier bleibt von vorn herein lebhaft, zeigt nach einer kurzen Unruhe ein normales Verhalten, frisst begierig.

Ebenso verhält sich das Thier am folgenden Morgen, wo der Ueberzug aber stark beschädigt ist. Eine Erneuerung desselben Morgens 9 Uhr führt nur sehr kurz andauernde Erscheinungen der vorhin beschriebenen Art herbei. Deshalb wird derselbe am 10. August Morgens 7 Uhr entfernt und durch einen neuen aus Tischlerleim um 9 Uhr ersetzt.

Abermals treten grosse Unruhe, heftiges Zittern, starker Schleimausfluss aus der Nase etc. auf. 3 Uhr 5 Min. reichlich gelassener Harn intensiv gelb, klar, alkalisch, eiweissfrei; spec. Gew. 1,045. Nachmittags 3 Uhr hat der als harte Kruste das Thier umgebende Ueberzug wieder viele Risse bekommen. Die Krankheitserscheinungen haben merklich abgenommen und sind am Abend 7 Uhr kaum noch wahrnehmbar.

11. August. Morgens 7 Uhr. Das Thier liegt auf dem Bauche, macht keine Versuche sich zu erheben, ist lebhaft, frisst begierig.

8 Uhr Morgens reichlich gelassener Harn klar, hochgelb, alkalisch, enthält Spuren von Eiweiss; spec. Gew. 1,029. Da das Thier ausser geringem Eiweissgehalt keine krankhaften Erscheinungen zeigt, der Ueberzug zahlreiche Risse bekommen, sich stellenweise abgelöst hat, so scheint eine Erneuerung desselben erforderlich und werden die Messungen bis dahin ausgesetzt. Das Thier stirbt aber noch an demselben Tage, Mittags 12 Uhr, ganz unerwartet.

Zweiter Versuch.

Ein am 12. August an der ganzen Körperoberfläche möglichst kurz geschorenes Schaf, Nr. 2, dessen Harn klar, hellgelb, alkalisch, eiweissfrei, spec. Gew. 1,014, wird am 13. August Morgens 7 Uhr 12 Min. an der ganzen Körperoberfläche mit Leinölfirniss überzogen.

Sogleich nach dem Ueberziehen treten grosse Unruhe, heftiges Zittern, bedeutende Respirationsbeschwerden, Ausfluss aus der Nase und bedeutende Steigerung der Pulsfrequenz wie bei Nr. 1, aber alles in viel stärkerem Grade auf. Das Thier zeigt keine Fresslust. Nach sechs Stunden lässt das Zittern merklich nach, während alle übrigen Erscheinungen unverändert fortbestehen, die Unruhe, Respirations- und Pulsfrequenz, sowie die Eigenwärme des Thieres sogar bedeutend

gesteigert sind. Nach acht Stunden liegt das Thier auf der linken Seite, macht keine Versuche sich aufzurichten, fällt aufgerichtet wieder auf die linke Seite. Mit den Extremitäten dieser Seite werden auch auf Reizungen wenig ausgiebige Bewegungen ausgeführt.

Nach zehn Stunden sind lebhafte vereinzelte Zuckungen der Hals- und Rückenmuskeln, sowie der Extremitäten aufgetreten. Der noch vor zwei Stunden hoch gehaltene Kopf liegt auf dem Boden, wird bei den energischeren Halsmuskelcontractionen öfters plötzlich erhoben und zurückgeschleudert. An den Extremitäten werden besonders energische Zuckungen der Extensoren der hinteren Extremitäten auffällig, und während der Krampfanfälle in dieser Richtung öfters plötzlich heftige Bewegungen ausgeführt. Das Thier ist dabei wie betäubt, reagirt höchstens noch mit den Augenlidern auf Reizung der Conjunctiva. Nach 12 Stunden sind die Krampfanfälle häufiger und stärker geworden, während die Reizbarkeit vermindert ist.

Nach 16 Stunden liegt das Thier bis auf vereinzelte Zukkungen regungslos da. Kein Puls, keine Respiration mehr wahrnehmbar. Aus der Harnblase ausgedrückter Harn hochgelb, etwas getrübt, schwach alkalisch, eiweisshaltig; spec. Gew. 1,035. Am folgenden Morgen 5 Uhr wird das Thier todt gefunden.

Dritter Versuch.

Ein weisses männliches Schaf, Nr. 3, ein grosses, kräftiges und lebhaftes Thier, dessen in geringer Menge gelassener Harn klar, hellgelb, alkalisch, eiweissfrei ist, wird am 20. September, Nachmittags 2 Uhr 10 Min., auf der vor einigen Tagen mit der Scheere möglichst kurz geschorenen ganzen Hautoberfläche mit Theer überzogen. Sobald der Ueberzug die Haut vollständig bedeckt, wird das bis dahin geduldige Thier plötzlich sehr unruhig. Das Athmen wird mühsam und etwas verlangsamt. Die tiefen Inspirationen erfolgen unter lebhaftem Zittern des ganzen Körpers durch die Nase und werden nach etwa einer halben Stunde von einem schnarchenden Geräusch begleitet. Die Exspirationen sind weniger erschwert; sie erfolgen nach etwa einer halben Stunde nicht mehr durch die Nase, sondern durch den Rachen, und sind mit einem keuchenden Geräusch verbunden, wobei starker Schleimausfluss aus beiden Nasenlöchern eintrat. Während derselben ist bald nur schwaches, bald gar kein Zittern bemerkbar. Dieser Zu-

stand dauert unverändert fort, bis das Thier nach vier Stunden auf der rechten Seite liegend, und nicht mehr fähig sich aufrecht zu erhalten gefunden wird. Die Unruhe, das Zittern, die erschwerte Respiration bestehen dabei unverändert fort. Das Thier nimmt reichliche Nahrung. Am folgenden Morgen 7 Uhr ist die Respiration sehr beschleunigt, aber oberflächlicher, sonst unverändert, der Bauch stark aufgetrieben. Das Thier frisst begierig. Alle übrigen Erscheinungen bestehen wie am vorigen Tage unverändert fort. Im Laufe des Tages keine Aenderung.

Am 22. Morgens 7 Uhr hat die Bauchauftreibung noch mehr zugenommen. An die Stelle der Unruhe ist ein apathischer Zustand getreten, der im Laufe des Tages immer mehr zunimmt. Vereinzelte Zuckungen der hinteren Extremitäten, Rücken- und Halsmuskeln werden wahrgenommen. Das Thier wird am 23. September Morgens 6 Uhr todt gefunden.

Versuche an Kaninchen.

Erster Versuch.

Ein graues männliches Kaninchen, Nr. 1, dessen Harn vor dem Versuche schwachgelb, getrübt durch ein starkes weisses Sediment von kohlensaurem Kalk nebst zahlreichen Schleimgerinnseln, stark alkalisch, Filtrat klar, eiweissfrei ist, wird am 16. August, Morgens 9 Uhr, an der ganzen Körperoberfläche mit dickem Leinölfirniss überzogen. Sofort nach dem Ueberziehen stellt sich heftiges Zittern und grosse Unruhe ein. Die Respiration wird erschwert, In- und Exspirationen erfolgen leiser, erstere unter vermehrter Anstrengung der Thoraxmuskeln. Die Respirationsfrequenz wird in Folge der tieferen In- und Exspirationen bald auf die Hälfte der Norm herabgesetzt.

Nach zwei Stunden hat die Lebhaftigkeit des Thieres bedeutend abgenommen, während die übrigen Erscheinungen unverändert fortdauern.

Nach vier Stunden hat die Lebhaftigkeit noch mehr abgenommen. Das Thier sitzt ruhig da, zeigt wenig Neigung zu Bewegungen, kann auf Antrieb gehen und alle Bewegungen unbehindert ausführen, frisst etwas von der ihm dargebotenen Nahrung. Das Zittern hat fast gänzlich aufgehört.

Nach sechs Stunden gelassener Harn intensiv gelb gefärbt, getrübt durch das gewöhnliche Sediment, reagirt schwach alkalisch, das Filtrat enthält eine geringe Menge Eiweiss. Nach

acht Stunden hat das Zittern völlig nachgelassen. In- und Exspirationen noch leiser wie vorhin, die Pause zwischen den einzelnen Respirationsacten ist beträchtlich verlängert. Das Thier sitzt ruhig, zusammengekauert da. Dieser Zustand dauert bis Abends 11 Uhr unverändert fort.

Am 17. August Morgens 7 Uhr sitzt das Thier ruhig da, zittert nicht, hat keine Neigung zu Bewegungen, geht auf Antreiben mühsam, wobei es die Hinterbeine nachschleppt. Die In- und Exspirationen sind tief, erstere namentlich angestrengt, die Pausen zwischen jedem einzelnen Respirationsact verlängert.

9 Uhr 45 Min. gelassener Harn dunkelgelb, mit dem vorhin erwähnten Sediment, reagirt schwach sauer, enthält viel Eiweiss, keinen Zucker, keinen Gallenfarbstoff, spec. Gew. 1,025.

Gegen 12 Uhr wird das Thier lebhafter als es am Morgen war, frisst begierig. Die Lähmungserscheinungen und Respirationsbeschwerden dauern unverändert fort.

1 Uhr 36 Min. in reichlicher Menge gelassener Harn dunkelgelb, hat das bekannte Sediment, reagirt neutral, ist sehr eiweissreich, enthält keinen Zucker, keinen Gallenfarbstoff; spec. Gew. 1,030.

Das relative Wohlbefinden des Thieres besteht unverändert fort bis Abends 7 Uhr, wo dasselbe wieder apathischer und träger wird.

18. August Morgens 7 Uhr. Das Thier liegt auf der Seite, kann sich nicht mehr aufrecht erhalten, schreit laut, wenn es aufgehoben wird, bewegt nur bei dieser Gelegenheit Kopf und Vorderbeine langsam, während es sonst regungslos daliegt. In- und Exspiration sind oberflächlicher wie am vorigen Abend, die nach beiden folgende Pause verlängert. Unter allmäliger Zunahme dieser Erscheinungen und Abnahme der Reizbarkeit stirbt das Thier Nachmittags 2 Uhr 26 Min.

Zweiter Versuch.

Ein weisses weibliches Kaninchen, Nr. 2, dessen hellgelber, stark alkalischer Harn das gewöhnliche Sediment hat und eiweissfrei ist, wird am 17. August, Nachmittags 4 Uhr 30 Min., an der ganzen Körperoberfläche mit officineller Mucilago gummi arabici überzogen.

Sogleich nach dem Ueberziehen tritt grosse Unruhe und heftiges Zittern am ganzen Körper auf.

Die Respiration wird verlangsamt unter Tieferwerden der In- und Exspirationen, von denen erstere mit vermehrter Anstrengung erfolgen.

6 Uhr gelassener Harn ist intensiv gelb, hat ein schwaches Sediment von der gewöhnlichen Beschaffenheit, reagirt neutral, ist eiweisshaltig.

Das Zittern hat nachgelassen, das Thier ist ruhig, apathisch und träge geworden, nimmt kein Futter.

7 Uhr. In den Rückenmuskeln treten von Zeit zu Zeit Zuckungen auf, ebenso in den Extremitäten, namentlich den hinteren, die aber rasch und vollständig vorübergehen.

Abends 9 Uhr. Die Zuckungen sind stärker geworden, kehren in unregelmässigen Zwischenräumen, im Allgemeinen aber häufiger als um 7 Uhr, wieder. Sie erstrecken sich auch auf die Halsmuskeln. Während derselben knirscht das Thier ununterbrochen laut mit den Zähnen.

Die In- und Exspirationen sind oberflächlicher geworden, die nach denselben folgende Pause verlängert.

Am 18. August Morgens 7 Uhr wird das Thier todt gefunden.

Dritter Versuch.

Einem weissen weiblichen Kaninchen, Nr. 3, dessen Harn gelb, alkalisch, eiweissfrei, wird am 22. August, mit Freilassung einer geschorenen quadratischen Fläche auf der Lendengegend von 9 □Centimetern, Morgens 10 Uhr die ganze übrige Hautoberfläche mit Mucilago gummi arabici überzogen. Sogleich tritt starkes Zittern und grosse Unruhe auf. Respiration erschwert, aber nicht verlangsamt.

12 Uhr. Das Zittern und die Unruhe sind verschwunden, ein apathisches Wesen eingetreten. Die Empfindlichkeit gegen Hautreize ist sehr geschwächt. Krampfhafte Zuckungen der Hals- und Rückenmuskeln sowie der Extremitäten und dieselben meist begleitendes Zähneknirschen sind aufgetreten. Das Thier ist nicht zum Gehen zu bringen, erhält sich aber in sitzender Stellung. Diese Erscheinungen nahmen bis Abends 8 Uhr immer mehr an Heftigkeit zu. Die Rücken- und Halsmuskeln zucken zu dieser Zeit fast unaufhörlich, begleitet von lautem Zähneknirschen, während die Extremitäten mehr vereinzelt zucken. Das Thier stirbt am 23. August Morgens 7 Uhr.

Vierter Versuch.

Einem grauen weiblichen Kaninchen, Nr. 4, dessen Harn blassgelb, stark sedimentirt, stark alkalisch, eiweissfrei, spec. Gew. 1,016, wird am 24. August, Morgens 10 Uhr, unter

Freilassung einer rasirten quadratischen Fläche der Lendengegend von 36 □Centimetern die ganze übrige behaarte Hautoberfläche mit Mucilago gummi arabici überzogen. Augenblicklich tritt starkes Zittern ein: Respirationserscheinungen wie bei den früheren Versuchsthieren, das Thier ist aber weniger unruhig, bleibt lebhafter, leckt am Ueberzug.

12 Uhr. Verhalten des Thieres unverändert.

12 Uhr 10 Min. gelassener Harn hellgelb, hat ein starkes Sediment,reagirt stark alkalisch, ist eiweissfrei, spec. Gew. 1,020.

2 Uhr. Verhalten des Thieres unverändert.

2 Uhr in geringer Menge gelassener Harn intensiv gelb, stark sedimentirend, reagirt neutral, enthält viel Eiweiss.

4 Uhr. Die Lebhaftigkeit des Thieres hat merklich abgenommen, dasselbe befindet sich in sitzender Stellung, geht auf Antreiben nur eine sehr kleine Strecke und schleppend, frisst wenig, zittert kaum noch.

6 Uhr. Das Zittern hat aufgehört. Das Thier liegt auf der Seite, kann aufgerichtet sich nicht in dieser Stellung erhalten. In den Rückenmuskeln treten vereinzelte Zuckungen auf.

8 Uhr. Die krampfhaften Zuckungen sind am Rücken stärker und häufiger geworden; sie treten von Zeit zu Zeit auch an den Extremitäten auf.

Das Thier stirbt am 25. August, Morgens 6 Uhr 30 Min.

Während der Nacht in geringer Menge gelassener Harn hochgelb, stark sedimentirend, deutlich alkalisch, sehr eiweissreich.

Fünfter Versuch.

Einem grauen weiblichen Kaninchen, Nr. 5, dessen beinahe farbloser Harn stark sedimentirt, stark alkalisch und eiweissfrei ist, wird am 27. August eine quadratische Fläche von 144 □Centimeter auf dem untern Theil des Rückens geschoren, sodann die ganze übrige behaart gelassene Körperoberfläche Morgens 10 Uhr mit Mucilago gummi arabici überzogen. Sofort tritt starkes Zittern und Beeinträchtigung der Respiration wie bei den früheren Versuchen ein. Die Lebhaftigkeit des Thiers nimmt bedeutend ab.

1 Uhr. Das Thier zittert nur noch wenig, ist etwas lebhafter geworden, frisst.

1 Uhr gelassener Harn hellgelb, stark sedimentirend, stark alkalisch, eiweissfrei.

1 Uhr 30 Min. gelassener Harn zeigt dieselbe Beschaffenheit.

Das Verhalten des Thiers bleibt bis Abends 7 Uhr unverändert, der Harn eiweissfrei.

28. August, Morgens 7 Uhr. Das Thier ist viel lebhafter wie am vorigen Abend, frisst begierig, geht ohne Mühe und führt alle seine Bewegungen wie im Normalzustande, nur etwas langsamer aus.

Während der Nacht gelassener Harn gelb, stark sedimentirend, deutlich alkalisch, sehr eiweissreich; spec. Gew. 1,020.

9 Uhr. Das Thier ist sehr ruhig geworden, sitzt apathisch da, hat keine Neigung sich zu bewegen. Auf Anregung geht es nur einige Schritte.

11 Uhr. Das Thier erhält sich kaum noch aufrecht in sitzender Stellung, macht, auf die Seite gelegt, nur noch schwache und vergebliche Versuche sich zu erheben, kann nicht mehr gehen oder stehen. Die Bewegungen der Extremitäten, namentlich der hinteren, sind sehr beeinträchtigt. Das bis dahin im Abnehmen begriffene Zittern hat völlig aufgehört. In- und Exspirationen werden oberflächlich, die Pause nach denselben verlängert.

1 Uhr. Das Thier liegt auf der Seite, mit halb geschlossenen Augen, die Reizbarkeit hat merklich abgenommen. An den Rückenmuskeln treten vereinzelte Zuckungen auf.

1 Uhr gelassener Harn gelb, alkalisch, eiweissreich.

3 Uhr. Von Zeit zu Zeit treten krampfhafte Zuckungen der Hals- und Rückenmuskeln, mitunter auch der Extremitäten auf, häufig lautes Zähneknirschen. Die Krampfparoxysmen nehmen seitdem bis Abends 7 Uhr an Häufigkeit und Intensität zu, während die Reizbarkeit des Thiers abnimmt, die In- und Exspirationen oberflächlicher und die Pausen nach denselben verlängert werden.

Am 29. August Morgens 6 Uhr wird das Thier todt und starr gefunden.

Sechster Versuch.

Einem weissen weiblichen Kaninchen, Nr. 6, dessen farbloser Harn ein starkes Sediment hat, deutlich alkalisch und eiweissfrei ist, wird auf der Rücken- und Lendengegend am 31. August ein Rechteck von 216 □Centimetern geschoren, sodann Morgens 9 Uhr die übrige behaart gebliebene Körperoberfläche mit Mucilago gummi arabici überzogen. Gleich nach dem Ueberziehen treten heftiges Zittern und die gewöhnlichen Respirationsbeschwerden auf. Die Lebhaftigkeit nimmt bis zum Abend 7 Uhr immer mehr ab. Seit Nachmittags 3 Uhr verharrt das Thier in der Lage, worein es gebracht wird, ist nicht zum Gehen zu bringen, zeigt aber keine Lähmungserscheinungen.

3 Uhr gelassener Harn alkalisch, eiweissfrei.

4 Uhr 35 Min. gelassener Harn alkalisch, enhält Spuren von Eiweiss.

1. September, Morgens 7 Uhr. Das Thier hat sich während der Nacht bedeutend erholt, ist lebhafter und beweglicher geworden, zeigt keine Lähmungserscheinungen, nimmt reichlich Nahrung im Verlaufe des Tages und erholt sich immer mehr, hat Abends 7 Uhr den Ueberzug der Beine durch Lecken bedeutend beschädigt.

Morgens 9 Uhr gelassener Harn hochgelb, stark alkalisch, eiweissfrei.

2. Septbr., Morgens 7 Uhr. Mit Ausnahme der leiseren In- und Exspiration Zustand seit gestern Abend unverändert.

Zwischen 7 und 9 Uhr Vormittags gelassener Harn hochgelb, stark alkalisch, eiweissfrei.

11 Uhr. Ueberzug ausgebessert.

1 Uhr gelassener Harn wie vorhin, eiweissfrei.

3 Uhr. Die Lebhaftigkeit des Thiers hat seit 1 Uhr merklich abgenommen, dasselbe frisst nicht; geringes Zittern hat sich eingestellt.

5 Uhr. Zustand seit 3 Uhr unverändert.

5 Uhr 10 Min. gelassener Harn hat die frühere Beschaffenheit, ist eiweissfrei.

7 Uhr. Das Zittern hat aufgehört, In- und Exspirationen leiser als um 5 Uhr, sonst keine Aenderung.

3. September, Morgens 7 Uhr. Das Thier ist sehr elend, träge, frisst nicht, in- und exspirirt tief, ist nicht gelähmt.

9 Uhr in geringer Menge gelassener Harn hochgelb, stark alkalisch, eiweisshaltig. Zustand des Thiers unverändert.

11 Uhr. In- und Exspiration unverändert, die Pause nach denselben verlängert. Der Gang wird schleppend.

5 Uhr. Gehen unmöglich. Die hinteren Extremitäten sind fast ganz gelähmt. Das Thier erhält sich noch in sitzender Stellung bis Abends 7 Uhr, wo es auf der Seite liegt, sehr apathisch ist. Von Zeit zu Zeit treten Zuckungen der Rückenmuskeln, um 9 Uhr auch der Extremitäten auf. Die Reizbarkeit ist noch mehr gesunken.

Am 4. September Morgens 7 Uhr wird das Thier todt gefunden.

Siebenter Versuch.

Einem weissen weiblichen Kaninchen, Nr. 7, wird am 4. September eine Hautfläche des Rückens von 250 □Centimetern in Form eines Rechtecks geschoren.

Harn sehr blass, deutlich alkalisch, eiweissfrei.

Der behaart gelassene Theil der Hautoberfläche wird Morgens 11 Uhr mit Mucilago gummi arabici überzogen.

Nach einigen Minuten tritt starkes Zittern nebst den gewöhnlichen Athembeschwerden ein. Das Thier wird bald sehr ruhig, bewegt sich nicht gerne. Das Zittern hat gegen 1 Uhr nachgelassen.

7 Uhr 5 Min. gelassener Harn blass, neutral, eiweisshaltig. Das ruhige Verhalten, wobei sich das Thier in sitzender Stellung befindet, dauert am 5. September den ganzen Tag über unverändert fort. Das Thier nimmt wenig Nahrung.

5. Septbr. Morgens 9 Uhr gelassener Harn hellgelb, klar, sauer, eiweisshaltig.

Seit dem 6. Septbr. Morgens 7 Uhr wird das Thier noch ruhiger. Es hält sich in sitzender Stellung, hat die Augen meist geschlossen, frisst wenig. 1 Uhr gelassener Harn neutral, eiweisshaltig. Die Trägheit und das schläfrige Wesen des Thiers nehmen gegen Abend immer mehr zu. Die Respiration ist oberflächlich, scheint nicht sehr erschwert zu sein, hat lange Pausen. Das Thier erhält sich Abends 8 Uhr noch in sitzender Stellung, zeigt keine Muskelzuckungen, keine Lähmungserscheinungen.

Am 7. September Morgens 7 Uhr wird dasselbe todt gefunden.

Achter Versuch.

Ein graues weibliches Kaninchen, Nr. 8, wird am 4. September, Mittags 1 Uhr, unter Freilassung der Beine geschoren, mit Mucilago gummi arabici überzogen. Das Thier zittert anfangs und hat die gewöhnlichen Respirationsbeschwerden, ist dabei sehr ruhig.

3 Uhr Nachmittags hat das Zittern nachgelassen, während die übrigen Erscheinungen unverändert fortdauern.

Am 5. September Morgens ist das Thier viel lebhafter und bleibt so trotz der am 6. Septbr. Morgens 11 Uhr vorgenommenen Erneuerung des Ueberzuges, bis zum 9. Septbr., wo dasselbe Morgens 7 Uhr auf der Seite liegt, sehr oberflächlich respirirt, sehr unempfindlich ist und 9 Uhr 15 Min. Morgens nach heftigen Krämpfen stirbt.

Neunter Versuch.

Einem grauen weiblichen Kaninchen, Nr. 9, wird am 5. September eine quadratische Fläche von 36 □Centimetern auf der Mitte des Rückens geschoren und Morgens 9 Uhr mit

Mucilago gummi arabici überzogen. Das Thier zeigt bis zum 16. Septbr. Abends 9 Uhr in seinem Verhalten nichts Auffallendes, wird am andern Morgen 7 Uhr todt gefunden.

Zehnter Versuch.

Ein graues weibliches Kaninchen, Nr. 10, wird am 7. September an der ganzen Körperoberfläche geschoren und Abends 9 Uhr bis auf eine in der Mitte des Rückens freigelassene quadratische Fläche von 4 □Centimetern mit Mucilago gummi arabici überzogen.

Am 8. Septbr. Morgens 7 Uhr wird das Thier todt gefunden.

Elfter Versuch.

Ein schwarzes männliches Kaninchen, Nr. 11, wird am 8. September Abends 5 Uhr am ganzen Körper geschoren.

Das Thier zeigt am 9. Septbr. Abends 5 Uhr in Bezug auf Körpertemperatur etc. keine Veränderung.

Harn hellgelb, alkalisch, eiweissfrei.

Dasselbe wird Abends 7 Uhr, bis auf eine freigelassene quadratische Fläche von 16 □Centimetern, auf der Mitte des Rückens, mit Mucilago gummi arabici überzogen. Sofort tritt grosse Unruhe, heftiges Zittern und starke Beeinträchtigung der Respiration auf, deren Frequenz in wenigen Minuten um mehr als die Hälfte herabgesetzt wird. Das Thier kann nach einer halben Stunde nicht mehr gehen, sich kaum noch in sitzender Stellung erhalten; wird am 10. September Morgens 7 Uhr todt gefunden.

Zwölfter Versuch.

Ein schwarzes weibliches Kaninchen, Nr. 12, dessen Harn hellgelb, alkalisch, eiweissfrei, wird am 12. Septbr., Mittags 1 Uhr, mit Freilassung eines um den Rumpf geschorenen Ringes von 300 □Centimetern, mit Mucilago gummi arabici überzogen. Sofort tritt heftiges Zittern ein, während die Respiration tief, erschwert und verlangsamt wird, die Lebhaftigkeit des Thiers merklich abnimmt. Diese Erscheinungen nehmen in den ersten vier bis sechs Stunden zu; dann erholt sich das Thier allmälig gegen Abend, wo um 9 Uhr das Zittern ganz aufgehört hat, die Respiration weniger erschwert und verlangsamt, das Thier etwas lebhafter geworden ist.

Am 13. Septbr. Morgens 7 Uhr. Das Thier hat sich während der Nacht merklich erholt, zittert nicht, respirirt freier und häufiger, ist lebhafter geworden, macht auf eigenen Antrieb

viele Bewegungen, erholt sich immer mehr, bis um 11 Uhr der defect gewordene Ueberzug erneuert wird. Hiernach treten die früheren Erscheinungen wieder mit voller Heftigkeit auf und nehmen, mit Ausnahme des am 14. Septbr. Morgens 7 Uhr nicht mehr wahrnehmbaren Zitterns, bis zum 14. Septbr. Abends 9 Uhr constant langsam zu, wo das Thier sich in sitzender Stellung erhält, nur auf Antrieb Bewegungen ausführt, nicht zum Gehen zu bringen ist, aber keine Krämpfe, keine Lähmungserscheinungen zeigt.

Am 15. Septbr. Morgens 7 Uhr wird dasselbe todtenstarr auf der Seite liegend gefunden.

Dreizehnter Versuch.

Ein schwarzes männliches Kaninchen, Nr. 13, wird am 13. September, Morgens 9 Uhr, am ganzen Körper geschoren und unter Freilassung einer quadratischen Fläche von 16 □Centimetern des Rückens Mittags 12 Uhr mit Leinöl überzogen. Harn im Normalzustande beinahe farblos, deutlich alkalisch, eiweissfrei.

Nach dem Ueberziehen wird das Thier unruhig, zittert stark, die Respiration ist wenig erschwert und verlangsamt. Das Thier frisst bald nachher.

3 Uhr Nachmittags. Das Zittern und die Unruhe haben nachgelassen. Das Thier ist etwas träge, frisst nicht.

Am 14. September. Trägheit und Respirationsbeschwerden haben bedeutend zugenommen und nehmen im Laufe des Tages immer mehr zu. Abends 9 Uhr sitzt das Thier zusammengekauert da, bekommt bei Berührung wiederholt mehrere Minuten anhaltende tetanische Anfälle, wird am 15. Septbr. Morgens 7 Uhr todt gefunden.

Vierzehnter Versuch.

Einem männlichen Kaninchen, Nr. 14, wird, in derselben Weise wie dem unter Auftreten von Peritonitis zu Grunde gegangenen Kaninchen Nr. 9, eine quadratische Fläche von 36 □Centimetern des Rückens mit der Scheere möglichst kahl geschoren und am 17. Septbr. Morgens 7 Uhr mit Mucilago gummi arabici überzogen. Das Thier zeigt bis zum 22. Septbr. in seinem Verhalten keine Veränderung.

Seit dem 22. Septbr. Morgens 7 Uhr der Ueberzug täglich erneuert.

Am 25. Septbr. werden auf der überzogenen Fläche drei Abscesse von etwa der Grösse eines Silbergroschens wahrge-

nommen, die in der Mitte eine kleine spaltförmige Oeffnung haben, aus der auf leisen Druck dickflüssiger weisser Eiter hervorquillt.

Am 25. Septbr. und seitdem täglich Morgens 7 Uhr, wird die Fläche mit Leinöl überzogen. Auch hiernach zeigt das Thier keine krankhaften Erscheinungen. Die Abscesse entleeren von Zeit zu Zeit immer mehr eingedickten Eiter, und sind am 2. August völlig geheilt. Da das Thier am 4. September noch immer keine krankhaften Erscheinungen zeigt, so wird das Ueberziehen der Fläche unterlassen. Dasselbe lebt seitdem ungestört fort.

Funfzehnter Versuch.

Einem weissen weiblichen Kaninchen, Nr. 15, wird am 17. September die linke Körperhälfte mit der Scheere geschoren und Abends 4 Uhr 30 Min. mit Mucilago gummi arabici überzogen.

Vor dem Ueberziehen Harn blassgelb, hat das gewöhnliche weisse Sediment, ist deutlich alkalisch, eiweissfrei.

Sogleich nach dem Ueberziehen tritt heftiges Zittern ein. Die Respiration wird etwas verlangsamt und leiser, ohne bedeutend erschwert zu sein. Das Thier ist etwas weniger lebhaft als vor dem Ueberziehen. Der Puls ist verlangsamt, aber regelmässig.

18. Septbr. Morgens 7 Uhr. Das Zittern hat aufgehört, die Respiration ist tief, bedeutend verlangsamt und etwas mühsam, der Puls seit dem vorigen Abend unverändert, regelmässig. Das Thier ist verhältnissmässig sehr munter, frisst.

Eine Morgens 9 Uhr vorgenommene Erneuerung des Ueberzugs hat auf das Wohlbefinden des Thiers keinen merklichen Einfluss, ausser dass sie ein nach zwei Stunden wieder verschwundenes Zittern hervorruft. Dieses relative Wohlbefinden dauert bis zum 19. September, Abends 7 Uhr, unverändert fort.

20. Septbr. Morgens 7 Uhr. Die Respiration ist tief, sehr erschwert und verlangsamt, der Puls regelmässig, aber beträchtlich beschleunigt, das Thier etwas träge, frisst. Die Trägheit nimmt am Vormittag allmälig, nach der 1 Uhr vorgenommenen Erneuerung des Ueberzugs rasch zu. Das Thier liegt um 3 Uhr auf der Seite, kann sich nicht in sitzender Stellung erhalten, respirirt tief und mühsam, wird um 5 Uhr todt gefunden.

Sechszehnter Versuch.

Einem schwarzen weiblichen Kaninchen, Nr. 16, wird am 17. Septbr. ein Ring von 300 □Centimetern um den Rumpf, ausserdem ein daran stossendes Rechteck von 50 □Centimetern in der Lendengegend geschoren, und beide Flächen Abends 4 Uhr mit Mucilago gummi arabici überzogen. Das Thier zeigt nach dem Ueberziehen ausser geringfügigem, nach zwei Stunden nicht mehr wahrnehmbaren Zittern, welches sich nach der am 23. Septbr. vorgenommenen Ausbesserung des Ueberzugs wiederholt, bis zum 25. Septbr. in seinem Verhalten nichts Auffallendes.

Am 25. Septbr. werden auf der Lendengegend drei etwa 1''' hoch hervorragende Stellen von ungefähr Silbergroschengrösse in der Haut wahrgenommen, aus denen auf Druck weisser eingedickter Eiter hervorquillt. Der Ueberzug wird durch Leinöl ersetzt und täglich Morgens 7 Uhr erneuert, wobei die Geschwüre heilen, die Haut sich aber, soweit der Ueberzug reicht, seit dem 28. Septbr. immer lebhafter röthet. Seit dem 27. Septbr. ist die Respiration tief, etwas erschwert und beträchtlich verlangsamt, das Thier sonst wohl.

Seit dem 2. October ist die Respiration noch tiefer, mehr erschwert und etwas verlangsamt, während die Lebhaftigkeit merklich abgenommen hat, die Bewegungen zwar unbehindert aber träge sind.

Das Thier ist todt am 3. October Morgens 5 Uhr 10 Min.

Siebenzehnter Versuch.

Einem grauen weiblichen Kaninchen, Nr. 17, wird am 18. September die ganze Hautoberfläche, bis auf einen um die Mitte des Rumpfes verlaufenden Ring von 300 □Centimetern und ein an dessen hintern Rand stossendes Rechteck von 50 □Centimetern in der Lendengegend, geschoren und Nachmittags 4 Uhr der geschorene Theil mit Mucilago gummi arabici überzogen. Sofort tritt starkes Zittern auf, während das Thier sehr unruhig wird. Die Respiration wird tief, etwas verlangsamt und erschwert, der Puls beschleunigt, ist regelmässig.

Am 19. September, Morgens 7 Uhr, ist das Thier ruhiger geworden, zittert nicht mehr. Die Respiration bleibt verlangsamt und erschwert, während der Puls noch immer beschleunigt ist. Der Zustand des Thieres bleibt im Laufe des Tages unverändert.

20. Septbr. Morgens 7 Uhr. Die Lebhaftigkeit des Thiers hat merklich abgenommen, die Respiration ist tief, mühsam

und erschwert, der Puls etwas verlangsamt, regelmässig. Die Trägheit nimmt im Laufe des Tages immer mehr zu. Das Thier ist Abends 7 Uhr sehr ruhig, sitzt zusammengekauert, geht auf Antreiben nur einige Schritte, nimmt kein Futter, zeigt ein schläfriges Wesen, schliesst, sobald es in Ruhe gelassen wird, die Augen, zeigt keine Lähmungserscheinungen, keine Zuckungen.

Am 21. Septbr., Morgens 5 Uhr, wird dasselbe in Todtenstarre auf der Seite liegend angetroffen.

Achtzehnter Versuch.

Einem grauen weiblichen Kaninchen, Nr. 18, wird am 21. Septbr., Abends 5 Uhr, ein um den Rumpf geschorener Ring von 200 □Centimetern mit Mucilago gummi arabici überzogen. Das Thier zeigt in den nächsten zwei Stunden ausser geringfügigem Zittern und vermehrter Pulsfrequenz keine Veränderung.

Am 22. Septbr. Morgens 7 Uhr. Kein Zittern mehr bemerkbar. Das Thier respirirt tief und etwas angestrengt, zeigt weiter nichts Auffallendes. Während des Tages wird die Respiration freier und bleibt es bis zum Abend des 23. Septbr., wo sie wieder tief, verlangsamt und erschwert wird. Trotz der am 23. Septbr. Abends 7 Uhr und am 25. Septbr. Morgens 10 Uhr vorgenommenen Erneuerungen des Ueberzugs bleibt das Thier bis auf ein nach dem frischen Ueberziehen auftretendes geringfügiges Zittern und die etwas erschwerte Respiration vollkommen unverändert. Es beschädigt den Gummiüberzug stark durch Lecken, weshalb derselbe seit dem 25. September Morgens 10 Uhr durch Leinöl ersetzt wird.

Am 26. und 27. Septbr. bleibt das Wohlbefinden des Thiers trotz zweimaliger Wiederholung des Ueberzugs ungestört. Die Temperatur und Pulsfrequenz ist am 27. Septbr. über die Norm gesteigert, die Respiration nicht behindert oder verlangsamt.

Am 28. Septbr. Morgens 7 Uhr hat die Lebhaftigkeit des Thiers bedeutend abgenommen. Dasselbe sitzt zusammengekauert, mit halb geschlossenen Augen, respirirt sehr tief, mühevoll und langsam, ist nicht zum Gehen zu bringen. Von Zeit zu Zeit treten Zuckungen der Rückenmuskeln auf. 10 Uhr liegt das Thier auf der Seite, die Rücken- und Halsmuskeln und Extremitäten zucken heftig. 12 Uhr wird dasselbe todt gefunden.

Neunzehnter Versuch.

Einem grauen weiblichen Kaninchen, Nr. 19, wird am 21. Septbr., Abends 6 Uhr, ein um den Rumpf geschorener Ring von 390 □Centimetern mit Mucilago gummi arabici überzogen.

Das Thier zeigt trotz der am 22. Septbr. Morgens 7 Uhr und am 23. Septbr. Abends 7 Uhr vorgenommenen gänzlichen Erneuerung des durch Lecken beschädigten Ueberzugs ausser rasch vorübergehendem Zittern bis zum 25. Septbr. nur unbeträchtliche Steigerung der Respirations- und Pulsfrequenz und der Eigenwärme. Da der Ueberzug immer wieder durch Lecken beschädigt wird, so wird derselbe am 23. Septbr. Morgens 10 Uhr durch Leinöl ersetzt. Nach zweimaliger Erneuerung des Ueberzugs am 27. Septbr. Morgens 10 Uhr wird die Respiration etwas erschwert, ihre Frequenz auf die Norm herabgesetzt, während die Pulsfrequenz gesteigert bleibt, die Eigenwärme allmälig um 2,8° C. sinkt.

Am 27. Septbr. Abends 7 Uhr zeigt das Thier eine merkliche Abnahme seiner Lebhaftigkeit, geht jedoch auf eigenen Antrieb, ohne irgend welche Lähmungserscheinungen. Abends 7 Uhr wird der Ueberzug erneuert, am 23. Septbr. Morgens 7 Uhr das Thier todt auf der Seite liegend gefunden.

Zwanzigster Versuch.

Einem schwarzen männlichen Kaninchen, Nr. 20, wird am 25. Septbr., Abends 5 Uhr, ein um den Rumpf geschorener Ring von 304 □Centimetern mit Leinöl überzogen.

Das Thier zeigt, ausser geringfügigem, nach zwei Stunden verschwundenen Zittern, trotz täglicher Erneuerung des Ueberzugs, ausser dem vorübergehenden Zittern, bis zum 29. Septbr. Abends keine Veränderung.

Am 30. Septbr., Morgens 7 Uhr, wird die Respiration tief und etwas erschwert, während das Thier seine frühere Lebhaftigkeit bis Abends 7 Uhr unverändert zeigt.

Am 1. October Respiration noch mehr beeinträchtigt. Die Lebhaftigkeit nimmt gegen Abend 7 Uhr merklich ab. Die Haut unter dem Ueberzug seit dem Morgen geröthet.

Am 2. October Morgens 5 Uhr wird das Thier todt gefunden.

Einundzwanzigster Versuch.

Einem schwarzen weiblichen Kaninchen, Nr. 21, werden am 25. Septbr. Kopf, Hals, Ohren und Extremitäten geschoren und Abends 5 Uhr 30 Min. mit Leinöl überzogen.

Nach dem Ueberziehen wird die Respiration otwas langsamer und tiefer, die Pulsfrequenz beträchtlich beschleunigt, während die Eigenwärme nur um wenige Gradtheile sinkt. Eine Aenderung im Befinden ist nicht wahrnehmbar.

Am 26. Septbr., Morgens 7 Uhr, ist geringes Zittern vorhanden, welches den Tag über ohne merkliche Aenderung fortbesteht.

Nach einer 7 Uhr Morgens vorgenommenen Erneuerung des Ueberzugs ist das Zittern etwas verstärkt, jedoch nur auf kurze Zeit, sonst keine Aenderung eingetreten.

Am 27. Septbr. ist die Respiration merklich tiefer als am Tage vorher. Der Ueberzug wird Morgens 10 und Abends 7 Uhr erneuert, ohne dass dadurch eine merkliche Veränderung im Verhalten des Thieres hervorgerufen wurde. Der Puls bleibt regelmässig, sehr frequent, die Eigenwärme der Haut unverändert.

Am 28. Septbr. Morgens 7 Uhr. Das Thier respirirt tief und etwas mühsam, scheint weniger lebhaft wie im Normalzustande zu sein, frisst jedoch begierig, geht auf eigenen Antrieb und zeigt in seinen Bewegungen keine Abweichungen von der Norm. Die Pulsfrequenz ist beschleunigt, die Körperwärme um 0,7° C. gesunken. Im Laufe des Tages bleibt die Respiration etwas mühsam, während ihre Frequenz steigt. Das Thier wird seit Erneuerung des Ueberzugs Abends 7 Uhr etwas träger, wird am 29. September Morgens 5 Uhr auf der Seite liegend todt gefunden. Die ganze Körperoberfläche der Leiche wird rasirt und mit in □Centimeter eingetheiltem Papier überklebt. Für Kopf, Ohren, Hals und Extremitäten waren 735 □Centimeter erforderlich.

Zweiundzwanzigster Versuch.

Einem grauen männlichen Kaninchen, Nr. 22, wird am 28. Septbr., Abends 6 Uhr, ein um den Rumpf geschorener Ring von 108 □Centimetern mit Leinöl überzogen.

Trotz des täglich, Morgens 7 Uhr, erneuerten Ueberzugs zeigt das Thier ausser geringem nach dem jedesmaligen Ueberziehen auftretenden und nach einer Stunde wieder völlig verschwundenen Zittern in seinem Verhalten keine Abweichung von der Norm. Dasselbe bleibt lebhaft und beweglich wie vor dem Ueberziehen. Die Respiration ist nicht erschwert, ihre Frequenz zwar nach 48 Stunden bis zum 7. October fast regelmässig von 95 auf 120 pro Minute gesteigert, aber ohne den Eindruck des Krankhaften zu machen. Die Pulsfrequenz

ist gleichfalls bis um 20 Schläge pro Minute gesteigert, die Körpertemperatur um 0,1° C. erhöht.

Seit dem 6. October zeigt die Haut, soweit der Ueberzug reicht, eine etwas vermehrte gleichmässige Röthung, während der Harn eiweissfrei bleibt.

Am 7. October, Morgens 9 Uhr, wird das Thier, welches ausser der noch immer erhöhten Respirations- und Pulsfrequenz nebst der geringen Röthung der überzogenen Hautfläche durchaus nichts Abnormes zeigt, durch einen Schlag in den Nacken getödtet, am ganzen Körper rasirt und mit dem in Quadratcentimeter eingetheilten Papier überklebt. Hierzu waren 1364 □Centimeter erforderlich. Der Ueberzug hatte also etwas über $^1/_{12}$ der Körperoberfläche bedeckt.

Dreiundzwanzigster Versuch.

Einem grauen weiblichen Kaninchen, Nr. 23, wird am 28. Septbr. ein Ring von 168 □Centimetern um den Rumpf geschoren und Abends 7 Uhr mit Leinöl überzogen. Der Ueberzug wird täglich, Morgens 7 Uhr, erneuert.

Dabei zeigt das Thier, ausser geringfügigem Zittern, welches nach etwa einer Stunde nicht mehr bemerkt wird, ein durchaus normales Verhalten, mit Ausnahme der nach 48 Stunden vermehrten Respirationsfrequenz, zu der seit dem 1. October eine Erhöhung der Eigenwärme, und seit dem 2. October der Pulsfrequenz hinzutritt. Die überzogene Fläche zeigt seit dem 3. October eine geringfügige Röthung, die bis zum 8. Septbr. nicht merklich zunimmt. Der Harn bleibt eiweissfrei, seine Reaction alkalisch, seine Farbe unverändert schwachgelb. Zur Bestimmung des spec. Gewichts hinreichende Mengen werden nicht gelassen.

Am 8. October, Morgens 8 Uhr, wird das Thier, welches ausser den soeben beschriebenen Erscheinungen nichts Auffallendes zeigt, durch einen Schlag in den Nacken getödtet, seine ganze Hautoberfläche rasirt und mit in □Centimeter getheiltem Papier überklebt. Hierzu sind 1375 □Centimeter erforderlich. Es war also etwas über $^1/_8$ der gesammten Körperoberfläche überzogen worden.

Versuche am Hund.

Eine kleine gelbhaarige Hündin (Pinscher) wird am 16. August, Morgens 7 Uhr, an der ganzen Körperoberfläche mit vier Stunden lang eingekochtem käuflichem Leinölfirniss über-

zogen. Vor dem Ueberziehen war der Harn klar, braungelb, sauer, eiweissfrei. Gleich nach dem Ueberziehen tritt Zittern am ganzen Leibe auf. Die Respiration wird in einigen Augenblicken um etwa $^1/_3$ verlangsamt, ist dabei tief und etwas angestrengt, der Puls beträchtlich beschleunigt, aber regelmässig. das Verhalten des Thiers ein sehr ruhiges. Nach zwei Stunden zeigt sich das Zittern bedeutend verstärkt während der Inspirationen, vermindert während der Exspirationen. Der noch immer sehr beschleunigte Puls wird unregelmässig, indem seine Frequenz während der Inspirationen gegenüber derjenigen während der Exspirationen gesteigert ist. Im Verhalten des Thiers hat sich nichts geändert. Dasselbe verschmäht jede Nahrung.

Sechs Stunden nach dem Ueberziehen Respirationen um die Hälfte verlangsamt, Inspirationen sehr tief. Bei denselben hebt sich der Thorax langsam, unter starker Spannung der Inspirationsmuskeln und heftigem Zittern des Thiers am ganzen Leibe. Die Exspirationen sind unbehindert. Während derselben ist kein Zittern wahrnehmbar. Der Puls während der Inspirationen bedeutend beschleunigt, während der Exspirationen dagegen sehr verlangsamt. Das Thier ist träge, schläft viel, frisst nicht, kann alle Bewegungen unbehindert ausführen. Je mehr die Respiration verlangsamt wird, desto tiefer erfolgen die Inspirationen unter um so heftigeren Zittern des ganzen Körpers; desto stürmischer wird der mit ihnen isochronische Puls, während die Exspirationen stets frei, ohne Zittern erfolgen, und der ihnen entsprechende Puls mit dem Respirationsact gleichmässig verlangsamt wird. Dieses Verhalten des Pulses zur Respiration war zu jeder Zeit der Untersuchung unter allen Ueberzügen constant dasselbe.

64 Stunden nach dem Ueberziehen gelassener Harn dunkelbraun, klar, sauer, spec. Gew. 1,040, eiweissfrei. Kein Zucker oder Gallenfarbstoff.

94 Stunden nach dem Ueberziehen macht sich eine unvollständige Lähmung am linken Hinterbeine bemerkbar, die 12 Stunden lang zunimmt, dann allmälig verschwindet.

155 Stunden nach dem Ueberziehen reichlich gelassener Harn dunkelbraun, stark sauer, eiweissfrei, spec. Gew. 1,045.

Nach 179 Stunden abermals reichlich gelassener Harn zeigt die obige Beschaffenheit, ist eiweissfrei.

Nach 214 Stunden in mässiger Menge gelassener Harn dunkelbraun, etwas trübe, von sehr starkem Geruch, stark sauer, Filtrat eiweisshaltig, spec. Gew. 1,047. . .Verhalten des Thiers dabei unverändert.

Nach 226 Stunden in geringer Menge gelassener Harn hat die obige Beschaffenheit, viel Eiweiss.

Das Thier nimmt nach 250 Stunden zuerst Wasser, und nach 262 Stunden wenig, nach 286 Stunden reichliche Nahrung, zeigt seitdem grosse Fresslust.

Nach 274 Stunden reichlich gelassener Harn hellbraun, klar, stark sauer, enthält nur noch Spuren von Eiweiss; spec. Gew. 1,042. Zustand unverändert.

Nach 322 Stunden gelassener Harn hellgelb, stark sauer, geringe Spuren von Eiweiss; spec. Gew. 1,010.

Nach 333 Stunden gelassener Harn hellgelb, klar, stark sauer, kein Eiweiss; spec. Gew. 1,010. Der Ueberzug löst sich mit den Haaren stellenweise ab, die Respiration wird frequenter, die Inspirationen weniger tief, kaum noch behindert; nur noch geringes Zittern während derselben. Die Pulsfrequenz zeigt nur noch wenig Unterschied zwischen In- und Exspiration.

Nach 382 Stunden wird der Ueberzug sammt allen Haaren und einer Schicht trockner abgestossener Epidermisschuppen abgelöst. Die Haut bleibt dabei unverletzt. Sie fühlt sich weich und trocken an, hat die normale blasse Farbe.

Nach Entfernung des Ueberzuges wird die Respiration frei, ihre Frequenz normal. Das Zittern während der Inspirationen lässt fast augenblicklich nach, der Puls wird regelmässig, zeigt keinen Unterschied in der Frequenz während In- und Exspiration mehr.

Zwei Stunden nach Entfernung des Ueberzugs gelassener Harn klar, hellgelb, schwachsauer, eiweissfrei, spec. Gew. 1,005. Das Thier hat seine frühere Lebhaftigkeit wieder erlangt, zeigt ausser geringem, offenbar von der auf die nackte Haut einwirkenden Kälte verursachten, bei In- und Exspiration gleichmässigem Zittern nichts Abnormes.

Am 4. September wird die Tags zuvor in Wasser von 21° R. von den Resten des Ueberzugs sorgfältig gereinigte und getrocknete Hündin, nachdem sie seit der Entfernung des ersten Ueberzugs normales Verhalten gezeigt, der Harn unverändert und eiweissfrei geblieben, Morgens 7 Uhr mit Mucilago gummi arabici überzogen.

Es treten die nämlichen Erscheinungen wie unter der Einwirkung des ersten Ueberzuges ein, die aber, da der Ueberzug zahlreiche Risse bekommt und in Schuppen abblättert, bald nachlassen. Ein neuer Ueberzug mit derselben Masse hat bald das gleiche Schicksal, und ist gleichfalls unwirksam. Deshalb wird derselbe am 5. September Mittags 11 Uhr entfernt und

sogleich durch einen dritten aus stark eingekochtem Leinölfirniss ersetzt. Das Thier zeigt unter diesem Ueberzug die gewöhnlichen Erscheinungen, die aber, wiewohl der Ueberzug gut haftete, schon am 8. September fast ganz nachgelassen haben, so dass an ein zu Grunde Gehen des Thiers in Folge des letzten Ueberzugs nicht mehr zu denken ist. Derselbe wird am 9. Septbr. 1 Uhr ohne Erfolg durch Leinöl ersetzt.

Der Leinölüberzug wird am 12. September durch lauwarmes Seifenwasser vollständig entfernt und durch einen fünften aus Tischlerleim ersetzt, welcher aber schon nach einigen Stunden viele Risse bekommt und als unwirksam entfernt werden muss.

Am 14. September, Nachmittags 4 Uhr, sechster Ueberzug von gewöhnlicher weisser Oelfarbe. Die gewöhnlichen Erscheinungen, aber in nicht bedeutendem Grade. Der Ueberzug löst sich schon am zweiten Tage ab.

Am 16. September siebenter Ueberzug aus einer Mischung von weisser Oelfarbe und Terpentin zu gleichen Theilen um 10 Uhr 30 Min. Die gewöhnlichen Erscheinungen, aber in nicht so bedeutendem Grade wie z. B. nach dem ersten Ueberziehen; der Ueberzug wird deshalb als unwirksam angesehen und entfernt am 18. Septbr. Morgens.

Am 18. September, Nachmittags 5 Uhr, wird das Thier mit einer auf 23° R. erwärmten Mischung von Theer, einer kleinen Menge Colophonium und Terpentin überzogen. Die früheren Erscheinungen traten ein, aber nicht heftig. Abends 7 Uhr. Mässiges Zittern während der Inspirationen ist die einzig wahrnehmbare Krankheitserscheinung, indem durch die klebrige Beschaffenheit das Thier in seinen Bewegungen gehemmt ist, Temperatur- und Pulsmessungen aus demselben Grunde unmöglich sind, das Thier aber frisst und nach Umständen lebhaft ist.

Am 19. September, Morgens 7 Uhr, ist die Respirationsfrequenz bedeutend gesunken. Inspirationen unter nicht sehr starkem Zittern angestrengt und tief. Exspirationen frei, ohne merkliches Zittern. Pulsfrequenz und Temperatur wegen der grossen Klebrigkeit des Ueberzugs nicht messbar. Die Haut fühlt sich kalt an. Das Thier liegt auf der linken Seite, macht keine Versuche mehr sich aufzurichten, bewegt sich überhaupt kaum noch, reagirt auf keinerlei Reize. Augen weit geöffnet, Blick starr.

Morgens 9 Uhr. In- und Exspirationen oberflächlicher, bei ersteren kein Zittern mehr wahrnehmbar.

11 Uhr. Die Respiration noch oberflächlicher. Das Thier macht keine willkürlichen Bewegungen mehr, wird um 1 Uhr todt gefunden.

Versuch an einem Wiesel.

Am 14. Septbr., Morgens 10 Uhr, wird ein erwachsenes männliches Wiesel an der ganzen behaarten Körperoberfläche mit Mucilago gummi arabici überzogen.

Das sehr lebhafte Thierchen beisst beim Ueberziehen in den Pinsel und alles was in seine Nähe kommt. Sobald der Ueberzug die ganze Körperoberfläche bedeckt, ist das Thier wie gezähmt; es macht keine Versuche mehr zum Beissen; die Bewegungen sind träge, die Respiration beträchtlich verlangsamt und erschwert; starkes Zittern tritt auf. Das Thier kauert sich, wie Wärme suchend, zusammen.

Nach zwei Stunden liegt das Thier auf der Seite, macht keine Versuche sich zu erheben, fällt aufgerichtet sogleich wieder nieder. Die Respiration, besonders Inspiration, sehr mühsam und verlangsamt. Das Thier schnappt unter lautem ängstlichem Schreien nach Luft. Von Zeit zu Zeit treten krampfhafte Zuckungen der Extremitäten auf.

Nach vier Stunden liegt das Thier fast regungslos da, schreit nicht mehr. Die Krämpfe haben nachgelassen. Die Respiration ist noch weiter verlangsamt und weniger tief wie vorhin.

Nach sechs Stunden. Zustand wie vorhin; nur die Respiration noch mehr verlangsamt, acht Inspirationen pro Minute. Das Thier schreit bisweilen in schwachen winselnden Tönen.

Nach acht Stunden Zustand unverändert.

Nach zehn Stunden. Kaum noch Leben wahrnehmbar an den sehr schwachen Inspirationen, von denen fünf auf die Minute kommen. Das Thier fühlt sich kalt an, macht ausser beim Inspiriren keine Bewegung mehr; der Ueberzug ist trocken.

Das Thier wird am folgenden Morgen 7 Uhr todt gefunden. Sogleich werden Unterhautbindegewebe und Peritoneum mikroskopisch untersucht und zahlreiche Tripelphosphatkrystalle in beiden aufgefunden.

Versuche an einer Maus.

Eine erwachsene männliche Maus von mittlerer Grösse, ein sehr lebhaftes Thier, wird am 25. September, Mittags 12 Uhr 30 Min., in ein Glasgefäss gestellt. Sie zeigt im unversehrten ruhigen Zustande 180 Inspirationen. Derselben wird Mittags 1 Uhr Leinöl auf den Körper geträufelt und theils durch die Bemühungen des Thiers, es zu entfernen,

theils mit einem dünnen, an einem Holzstäbchen befestigten Leinwandläppchen vorsichtig ausgebreitet. Sofort nach dem Ueberziehen tritt heftiges Zittern ein. Die Respiration wird mühsam und auf die Hälfte ihrer Frequenz herabgesetzt. Fast nach drei Stunden stirbt das Thier. Sofort werden Unterhautbindegewebe und Peritoneum mikroskopisch untersucht und im Unterhautbindegewebe zahlreiche Tripelphosphatkrystalle gefunden, während sie im Peritoneum vergeblich gesucht wurden.

Versuche am Frosch.

Am 23. September, Morgens 7 Uhr, werden zwei grosse Frösche, der eine mit Mucilago gummi arabici, der andere mit Leinöl an der ganzen Körperoberfläche überzogen und jeder in ein Glas gestellt. Die Thiere verhalten sich sehr ruhig in sitzender Stellung, ohne merkliche weitere Veränderung, bis sie, der mit Leinölüberzug nach 50, der mit Gummiüberzug nach 73 Stunden in dieser Stellung todt gefunden werden. Tripelphosphatkrystalle wurden bei beiden Thieren sowohl unter der Haut als im Peritoneum und an verschiedenen anderen Körperstellen vergeblich gesucht.

Versuch an einer Taube.

Einer zahmen erwachsenen Taube werden am 6. Septbr. die Federn mit der Scheere so kurz geschnitten, als es, ohne Blutung zu erregen, möglich ist, sodann Morgens 8 Uhr 30 Min. die ganze Körperoberfläche mit Mucilago gummi arabici überzogen. Das Thier wird sehr unruhig, die Respiration sehr mühsam, ohne dabei verlangsamt zu sein. Die Temperatur sinkt in den ersten zwei Stunden um 6 ° C.

Nach vier Stunden liegt das Thier auf der Seite. Der Gummiüberzug ist trocken geworden und umgiebt das Thier wie eine starre Kruste, die hinten längs der Wirbelsäule und vorn längs der Mitte der Brust und des Bauchs gespalten ist und sich bei den Athembewegungen in zwei Hälften auf- und abwärts bewegt. Die Flügel und Beine sind mit dem Ueberzug fest zusammengetrocknet, so dass Bewegungen derselben unmöglich sind. Letztere werden jedoch auch nach vorsichtiger Loslösung von der Leimkruste nicht ausgeführt und bleibt das Thier, ohne Bewegungsversuche zu machen, in seiner früheren Lage auf der Seite, etwas vorüber gebückt, liegen. Die Bewegungen des Kopfes sind verhältnissmässig frei und wird derselbe etwa wie im gesunden Zustande getragen. Die

Respirationsbeschwerden dauern fort, während die Temperatur um 30° C. gestiegen ist. Die Unruhe hat nachgelassen. Im Verhalten des Thiers zeigt sich bis Abends 9 Uhr keine merkliche Aenderung. Futter und Wasser wird nicht genommen.

7. Septbr. Morgens 7 Uhr. Das Thier ist lebhafter als am vorigen Abend, nimmt einige Erbsen und mit grosser Begierde Wasser. Die Respiration ist noch immer erschwert, die Eigenwärme etwas gestiegen. Bewegungen werden, ausser den Respirationsbewegungen und, auf Anregung, mit dem Kopfe, nicht gemacht. Ausser dem allmäligen Sinken der Temperatur und einer geringen Abnahme der Respirationsfrequenz dauert der Zustand bis Nachmittags 3 Uhr unverändert fort, wo das Thier abermals einige Erbsen, und mit grosser Begierde viel Wasser nimmt. Abends 5 Uhr hat die Lebhaftigkeit merklich abgenommen. Das Thier hält die Augen meist halb oder ganz geschlossen, stirbt Abends 6 Uhr.

Sectionen der Kaninchen.

Die Sectionen wurden in folgenden Zeiträumen nach dem Tode vorgenommen:

Nr.	1	nach	10 Minuten.		
„	2	„	höchstens 12 Stunden.		
„	3	„	10 Minuten.		
„	4	„	10	„	
„	5	„	höchstens 11 Stunden.		
„	6	„	„	10	„
„	7	„	„	10	„
„	8	unmittelbar nach dem Tode.			
„	9	nach höchstens 10 Stunden.			
„	10	„	„	„	„
„	11	„	„	„	„
„	12	„	„	„	„
„	13	„	„	„	„
„	15	„	„	2	„
„	16	unmittelbar nach dem Tode.			
„	17	nach höchstens 8 Stunden.			
„	18	„	10 Minuten.		
„	19	„	höchstens 12 Stunden.		
„	20	„	„	8	„
„	21	„	„	4	„
„	22	„	„	4	„
„	23	„	„	4	„

Bei sämmtlichen Thieren war die Haut unter dem Ueberzug auf der Schnittfläche je nach der Dauer der Einwirkung der Ueberzüge verschieden beträchtlich geröthet, an nicht überzogenen Stellen dagegen war stie stets blass. Die Röthung der Haut beruhte auf einer Füllung der Capillaren. An der inneren Hautoberfläche zeigte sich constant eine bei Vergleichung mit den freigelassenen Flächen sehr auffallende und gegen letztere so scharf abgegrenzte Veneninjection, dass sich nach ihrer Ausdehnung Form und Ausbreitung der freigelassenen resp. überzogenen Fläche von der Inneseite her leicht erkennen liess.

Das Unterhautbindegewebe war in allen Fällen unter dem Ueberzug von einem gelben Serum mehr oder weniger stark infiltrirt. Diese seröse Infiltration war in vier Fällen, Kaninchen Nr. 1, 5, 8, 18, eine so beträchtliche, dass das Unterhautbindegewebe dadurch das Aussehen einer etwa 1''' dicken Gallertschicht bekam, aus der sich viel hellgelbes, klares Serum pressen liess, während in 15 Fällen bei Kaninchen Nr. 2, 3, 4, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 20, 21 das Gewebe bloss durchfeuchtet war, bei Nr. 9, 22 und 23 keine abnorme Feuchtigkeit desselben sich bemerklich machte.

Unter den 19 untersuchten Fällen fand sich bei allen in Folge des Ueberzuges gestorbenen Thieren Nr. 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, also in 15 Fällen stellenweise eine grosse Menge Tripelphosphatkrystalle nebst zahlreichen blassen, runden, granulirten, einkernigen Zellen (Lymphkörperchen) in den Bindegewebsmaschen abgelagert. Die sargdeckelförmigen $^1/_{30}$ — $^1/_{70}$''' Par. Länge grossen, in Aetznatron unlöslichen, in Essigsäure und verdünnten Säuren überhaupt leicht löslichen Tripelphosphatkrystalle befanden sich in einzelnen Gruppen, besonders in der Nähe von Capillargefässen abgelagert.

Die Muskulatur zeigte in ihren oberflächlichsten Schichten unter dem Ueberzug eine vermehrte Röthe, welche sich gegen die freigelassene Fläche ziemlich scharf abgrenzte, so dass nach Abziehung der Haut die Grösse und Form der freigelassenen Fläche daran deutlich zu erkennen war. Weniger in die Augen fallend war diese Röthe der oberflächlichen Muskeln unter einem sehr beschränkten partiellen Ueberzug. Die tieferen Muskelschichten unterschieden sich in nichts von denjenigen unter der freigelassenen Fläche.

Die Pleura zeigte nur in einem Falle, beiKaninchen Nr. 2, links einige feste Adhäsionen.

Sie war in allen anderen Fällen glatt und glänzend, ihre beiden Blätter leicht injicirt, dabei ein mässiger beiderseitiger rein seröser Erguss vorhanden. In stärkerem Grade als bei den übrigen war beides bei Kaninchen Nr. 2, 3, 4, 5, 6, 18, 19 und 21 der Fall.

Die Schleimhaut des Kehlkopfes war in allen Fällen blass, die der Trachea und Bronchien zeigte in allen Fällen mit Ausnahme von Kaninchen Nr. 9, 10, 22 und 23 eine nach unten zunehmenden Röthung. Die Lungen zeigten in allen Fällen mit Ausnahme von Nr. 9, 10, 22 und 23 unter ihrem Pleuraüberzuge eine stark vermehrte Röthung.

Ihrer Schnittfläche entquoll viel dunkles Blut, während der Luftgehalt vermindert war. Abgeschnittene Stückchen schwammen auf dem Wasser. Blutreichthum und Luftgehalt waren bei Nr. 9, 22 und 23 unverändert. In zwei Fällen, bei Kaninchen Nr. 3 und 20, war der mittlere Lappen des rechten Lungenflügels bei vermehrter Consistenz der dunkelroth gefärbten, körnigen, mehr trockenen Schnittfläche völlig luftleer hepatisirt. Abgeschnittene Stückchen sanken augenblicklich im Wasser zu Boden.

Das Pericardium enthielt in 10 Fällen, bei Nr. 1—7, 17, 18 und 20 eine geringe, in 3 Fällen, bei Nr. 8, 15 und 16 eine beträchtliche Menge Serum, während in den übrigen Fällen keine Flüssigkeit darin aufgefunden wurde. Das Herz war in allen Fällen unverändert.

In 14 Fällen, bei Kaninchen 1—8, 10, 12, 13, 15, 17, 21, waren das rechte Herz, sowie zum Theil der linke Vorhof, mit dunklem, theils dünnflüssigem, theils locker geronnenem Blute strotzend gefüllt, der linke Ventrikel zusammengezogen, leer. In den übrigen Fällen war die Blutmasse mehr auf beide Herzhälften vertheilt, geronnen bei Nr. 11, 16, 18, 19, 20, dünnflüssig und weniger dunkel bei Nr. 9, 22 und 23. Wo das Blut des Herzens geronnen war, erfüllten die gleichen Gerinnsel die grossen Gefässstämme in der Nähe des Herzens, während weiterhin das Blut in denselben dünnflüssig war. Starke Blutüberfüllung zeigte in allen Fällen ausser Nr. 9, 22 und 23 das Venensystem und die A. pulmonalis, während die Aorta und die grossen von derselben entspringenden Aeste entweder leer waren oder auch nur sehr wenig geronnenes Blut enthielten. Wo sich Blut in den Arterien fand, war es in gleicher Weise wie das venöse dunkel gefärbt. Wo das Blut dünnflüssig gefunden wurde, gerann es schnell an der Luft.

Die Bauchhöhle enthielt in einem Falle, bei Nr. 9, einen

starken faserstoffig serösen, in 4 Fällen, bei Nr. 8, 16, 17 und 18, einen starken, in 4 Fällen, bei Nr. 2, 3, 5, 12, einen geringen serösen Erguss. In allen übrigen Fällen, mit Ausnahme von Nr. 22 und 23, war das Peritoneum feuchter als dasjenige gesunder, frisch getödteter Thiere.

Das Mikroskop zeigte unter den 18 untersuchten Fällen ausser bei 9, 22 und 23 wie im Unterhautbindegewebe auch im Peritoneum zahlreiche Lymphkörperchen und Tripelphosphatkrystalle eingelagert.

Die Leber erschien ausser bei 9, 22 und 23 dunkel und weich, daneben oft etwas gross. Ihrer Schnittfläche entquoll viel dunkles Blut. Die Gallenblase enthielt in allen Fällen (ausser bei 9, 22 und 23, wo ihre Menge nicht so gross war) eine grosse Menge dunkler, grüner, dünnflüssiger Galle.

Die Milz war ausser bei 9, 22 und 23 etwas gross, dunkel gefärbt, ihre Consistenz etwas weich, ihre Schnittfläche blutreich, die Malpighischen Körperchen gross und glänzend.

Die Speiseröhrenschleimhaut war in allen Fällen blass.

Der Magen war bei Nr. 22 und 23 stark, bei allen übrigen Thieren mässig mit Speiseresten gefüllt.

Die Magenschleimhaut war bei Nr. 9, 22 und 23 blass und zeigte nichts Bemerkenswerthes.

Bei allen anderen Kaninchen fanden sich auf der übrigens blassen Schleimhaut in der Gegend der grossen Curvatur mehr oder weniger zahlreiche dunkle, stecknadelkopf- bis erbsengrosse Ekchymosen von meist kreisrunder, zum Theil mehr ovaler Form mit convexer, die über ihr liegende Schleimhautschicht in die Höhe drängender Oberfläche.

Das Duodenum, Jejunum und Ileum enthielten stets dünnflüssigen Koth in mässiger Menge; ihre Schleimhaut war, ausser bei 9, 22 und 23, leicht geröthet. Das Colon war mit Kothmassen von breiiger Consistenz ziemlich stark gefüllt, seine Schleimhaut nur sehr wenig geröthet.

S romanum und Rectum enthielten geformte Kothmassen, ihre Schleimhaut war stets blass.

Der Gasgehalt war in keinem Falle darin vermehrt.

Die Nebennieren und das Pancreas zeigten in keinem Falle etwas Bemerkenswerthes.

Die Nieren waren stets von normaler Grösse, ihre Kapsel leicht abziehbar, ihre Farbe ausser bei 9, 22 und 23 dunkler als in der Norm, die Schnittfläche der Corticalsubstanz ebenfalls mit Ausnahme von Nr. 9, 22 und 23 dunkel und blutreich, in der Papillarsubstanz blass.

Die Harnblase war in 16 Fällen, bei Nr. 1—6, 10—13,

15—21 incl., bald mit schwach alkalischem, bald neutralem, stets eiweissreichem Harn mässig gefüllt, in den übrigen Fällen leer. Ihre Schleimhaut war in allen Fällen blass.

Die Häute des Gehirns und Rückenmarks (ausser bei 9, 22 und 23) zeigten stets einen vermehrten Blutreichthum. Namentlich waren die Sinus der Dura mater und die Spinalvenen mit dunklem, dünnflüssigem Blute stark gefüllt.

Ausser bei 9, 22 und 23 zeigte sich auf der Schnittfläche des Gross- und Kleinhirns, sowie des Rückenmarks die graue Substanz stets scharf gegen die weisse abgegrenzt. Die Plexus choroidei zeigten dabei vermehrten Blutgehalt; Ventrikel leer, ausser bei Nr. 16, wo im dritten und den beiden Seitenventrikeln sich eine geringe seröse Ansammlung fand.

Section der Schafe.

Nr. 1 26 Stunden nach dem Tode
- 2 3 - - - -
- 3 höchstens 7 Stunden nach dem Tode.

Die Hautoberfläche war bei Nr. 1 mit einer starren, etwa 1''' dicken Leimkruste bedeckt, in der sich viele klaffende Spalten befanden, aus deren mehreren etwas dunkles Blut hervorgesickert war.

Die Haut von Nr. 2 schlaff, der sie bedeckende Leimüberzug noch klebrig. Bei Nr. 3 war der Ueberzug überall genau mit der Haut verklebt und getrocknet.

Die Nasenschleimhaut sämmtlicher drei Thiere war stark geröthet, etwas aufgelockert, mit einer dünnen Schicht eines etwas zähen, weissgelben, undurchsichtigen Schleimes bedeckt, der nach dem Tode in besonders grosser Menge bei Nr. 3 ausgeflossen war.

Beim Anschneiden der Haut zeigte sich dieselbe bei allen drei Thieren in der Dicke der Cutis geröthet, und floss bei Nr. 1 und 2 stellenweise, bei Nr. 3 überall ein klares hellgelbes Serum aus.

Die innere Hautoberfläche zeigte, in besonders hohem Masse bei Nr. 3, eine starke, mit dunklem, dünnflüssigem Blute gefüllte Gefässverästelung.

Das Unterhautbindegewebe war bei Nr. 1 und 2 überall mässig serös infiltrirt, während dasselbe in beiden Schläfengegenden von Nr. 1, bei Nr. 3 fast überall, mit dem infiltrirten Serum eine etwa $^3/_4$'' dicke Gallertschicht bildete. In dem allein darauf untersuchten Falle Nr. 3 fanden sich zahlreiche Lymphkörperchen und Tripelphosphatkrystalle von

$^1/_{30}$ — $^1/_{70}$''' Par. Länge im Unterhautbindegewebe abgelagert. Die bei Nr. 1 mässig, bei Nr. 2 spärlich, bei Nr. 3 stark entwickelte Muskulatur zeigte in allen drei Fällen, besonders in ihren oberflächlichen Schichten, eine hochrothe Farbe.

Beim Eröffnen des Thorax collabirten bei Nr. 1 und 2 die Lungen beiderseits gleichmässig, bei Nr. 3 nur der linke Lungenlappen und von der rechten der obere Lappen.

Die Pleura zeigte in keinem Falle Adhäsionen.

Die Pleura costalis war in allen Fällen glatt und glänzend, ebenso die Pleura pulmonalis, die aber dabei constant mehr oder weniger beträchtlich geröthet erschien.

In den Pleurasäcken von Nr. 1 fanden sich beiderseits Spuren, in denen von Nr. 2 und 3 beträchliche Mengen eines gelben, rein serösen Ergusses.

Die Schleimhaut des Kehlkopfes war in allen drei Fällen geröthet, bei Nr. 2 an seinem obern Eingange mit einer Schicht graulichen, undurchsichtigen Schleims bedeckt.

Die Schleimhaut der Trachea und Bronchien war in allen drei Fällen geröthet. Diese Röthung nahm nach abwärts immer mehr zu. Sie war bei Nr. 3 in den rechtsseitigen Bronchien stärker als in den linksseitigen.

Der mittlere und untere Lappen der rechten Lunge von Nr. 3 zeigte eine beträchtliche Vermehrung der Consistenz und dunkelrothe ziemlich glatte Schnittfläche.

Aus derselben floss wenig dunkles, nicht schaumiges Blut. Abgeschnittene Stückchen sanken im Wasser augenblicklich zu Boden. Die übrigen Lungenlappen des Schafes Nr. 3, sowie die Lungen von Nr. 1 und 2, waren überall lufthaltig, etwas ödematös, infiltrirt und blutreich.

Der Herzbeutel enthielt bei 1 und 3 wenig, bei 2 eine ziemlich beträchtliche Menge eines klaren, rein gelben Serums.

Das Herz war in allen drei Fällen von normaler Grösse und Beschaffenheit. In allen drei Fällen war die rechte Herzhälfte mit dunklen lockeren Blutgerinnseln stark gefüllt, welche eine Strecke weit in die A. pulmonalis und Venae cavae hineinragten.

Der linke Ventrikel war vollkommen leer und zusammengezogen, der linke Vorhof bei 1 und 2 leer, bei 3 mit Blutgerinnsel von oben beschriebener Beschaffenheit und etwas dunklem, dünnflüssigem Blute mässig gefüllt.

Die Venae cavae und die Wurzeln der Pfortader nebst deren Verästelungen waren bei Nr. 1 mit dunklem, dünnflüssigem Blute nebst einigen zähen Gerinnseln, bei Nr. 2 und 3 mit dünnflüssigem Blute strotzend gefüllt.

Die Lungenvenen enthielten bei 1 und 2 eine mässige, bei 3 eine beträchliche Menge dunklen, dünnflüssigen Blutes.

Die Aorta enthielt wenig bei 1 geronnenes, bei 2 und 3 dünnflüssiges dunkles Blut.

Der Bauch war bei Nr. 1 und 2 mässig, bei Nr. 3 beträchtlich ausgedehnt, die Wandungen des letzteren stark gespannt.

In der Bauchhöhle von Nr. 1 fand sich ein beträchtlicher, von Nr. 2 und 3 ein geringer weingelber, rein seröser Erguss.

Die Leber zeigte in allen 3 Fällen das gleiche Verhalten. Sie war etwas gross, dunkelbraun gefärbt und sehr blutreich. Auf der Schnittfläche der Leber von Nr. 1 befanden sich ausserdem mehrere gelbliche Punkte, die sich mikroskopisch als Haufen von fettig degenerirten Leberzellen erwiesen.

Die Gallenblase von Nr. 1 und 2 enthielt wenig, die von Nr. 3 viel dünnflüssige, dunkelgrüne Galle.

Die Milz war in allen drei Fällen etwas gross, ihre Kapsel bei Nr. 1 schlaff, bei Nr. 2 und Nr. 3 mehr gespannt.

Die Substanz der Milz war in allen drei Fällen weich und brüchig, ihre Schnittfläche dunkel und blutreich, die Malpighischen Körperchen mit blossem Auge deutlich erkennbar, besonders bei Nr. 3 gross und glänzend.

Das Pancreas bot in keinem Falle etwas Bemerkenswerthes dar.

Die Schleimhaut des Oesophagus war bei allen drei Thieren blass.

Der Pansen enthielt bei Nr. 1 und 2 eine mässige Menge Speisereste; bei Nr. 3 war derselbe ausserdem durch eine beträchtliche Gasanhäufung mächtig ausgedehnt.

Seine Schleimhaut bot in keinem Falle etwas Bemerkenswerthes.

Netz- und Blättermagen enthielten in allen drei Fällen eine mässige Menge Speisereste, ihre Schleimhaut bot in keinem Falle etwas Auffallendes.

Der Laabmagen enthielt bei Nr. 1 und 2 eine mässige, bei Nr. 3 eine geringe Menge dünnflüssigen Speisebreies. In seiner übrigens blassen Schleimhaut befanden sich bei Nr. 1 und 2 mehrere zerstreute stecknadelkopfgrosse, bei Nr. 3 drei etwa 1'' lange, 1/2'' breite rothbraune oberflächliche Ekchymosen von unregelmässiger Form, die aus lauter kleinen, etwas mehr als stecknadelkopfgrossen Ekchymosen zusammengesetzt waren.

Der Dünndarm war bei Nr. 1 mit Gas stark, bei 2 und 3

mit dünnflüssigem Koth mässig gefüllt, ihre Schleimhaut leicht injicirt.

Das Colon war in allen drei Fällen mit breiigen Fäcalmassen mässig gefüllt, ihre Schleimhaut gleichfalls etwas injicirt.

S romanum und Rectum enthielten in allen drei Fällen geformte Fäces, ihre Schleimhaut war blass.

Die Mesenterialdrüsen waren besonders bei Nr. 1 stark vergrössert, die Chylusgefässe bei Nr. 1 und 2 stark, bei 3 weniger stark gefüllt.

Das Peritoneum enthielt bei dem allein darauf untersuchten Schaf Nr. 3 zahlreiche Tripelphosphatkrystalle eingelagert.

Die Nebennieren waren stets normal.

Die Nieren waren in allen Fällen von normaler Grösse, dunkler Farbe, die Kapsel leicht abziehbar, die Schnittfläche der Corticalsubstanz dunkel und blutreich, die der Papillarsubstanz blass.

Die Schleimhaut der Nierenkelche und Nierenbecken war in allen drei Fällen verschieden stark geröthet, bei Nr. 1 mit einer etwa 1''' dicken, bei Nr. 2 und 3 sehr dünnen Schicht, einer durchsichtigen gallertartigen Schleimmasse überzogen.

Die Ureteren zeigten nichts Auffallendes.

Die Harnblase enthielt bei Nr. 1 und 2 eine mässige Menge hellgelben, etwas trüben alkalischen, bei Nr. 3 nur einige Tropfen klaren, hellgelben, sauren, eiweisshaltigen Urins.

Die Blasenschleimhaut war in allen drei Fällen blass.

Die Geschlechtsorgane boten in keinem Falle Bemerkenswerthes dar.

Bei allen drei Thieren zeigten die Häute des Gehirns und Rückenmarks eine etwas vermehrte Injection.

Die Sinus der Dura mater waren mit dunklem, dünnflüssigem Blut stark gefüllt.

Gross- und Kleinhirn zeigten auf ihrer Schnittfläche eine deutliche Abgrenzung zwischen grauer und weisser Substanz.

In den Seitenventrikeln und dem dritten Ventrikel fand sich in allen drei Fällen eine mässige Ansammlung eines hellgelben klaren Serums.

Die Plexus choroidei zeigten eine vermehrte Injection.

Die Venen des Spinalcanals waren mit dunklem, dünnflüssigem Blut stark gefüllt.

Das Rückenmark zeigte auf der Schnittfläche eine scharfe Abgrenzung zwischen grauer und weisser Substanz.

Section des Hundes,

2 Stunden nach dem Tode.

Die Leiche ist todtenstarr, sehr abgemagert, der Bauch eingesunken.

Die Cutis ist auf dem Durchschnitt überall leicht geröthet. An ihrer Innenfläche zeigen sich zahlreiche mit dunklem Blut gefüllte Verästelungen, welche eine mehr diffuse Röthe bewirken.

Im Unterhautbindegewebe findet sich keine Spur eines serösen Ergusses. Dasselbe ist überall mit vielem Fett durchsetzt, was die mikroskopische Untersuchung auf die bei andern Thieren gefundenen Lymphkörperchen und Tripelphosphatkrystalle sehr erschwert.

Die Muskulatur ist, besonders in ihren oberflächlichen Schichten, stark geröthet.

Die Schleimhaut des Kehlkopfes, der Luftröhre und Bronchien ist blass.

Die grau pigmentirte Lunge ist in allen Lappen lufthaltig, die Schnittfläche zeigt vermehrten Blutreichthum.

Der Herzbeutel enthält Spuren eines serösen Ergusses; das Herz von normaler Grösse. Sämmtliche Herzhöhlen und grossen Gefässstämme enthalten viel dunkles, dünnflüssiges Blut, welches beim Anschneiden ausfliesst und sehr schnell coagulirt.

Die Bauchhöhle enthält keine freie Flüssigkeit.

Die dunkelbraun gefärbte Leber ist etwas gross und morsch, ihre Schnittfläche sehr blutreich.

Die Gallenblase enthält viel dunkelgelbe, dünnflüssige Galle.

Die Milz ist etwas gross, die Kapsel straff gespannt, die Consistenz vermehrt. Die Schnittfläche dunkel und blutreich, die Malpighischen Körperchen gross und glänzend.

Das Pancreas zeigt nichts Bemerkenswerthes.

Die Schleimhäute des ganzen Darmtractus durchweg blass.

Der Magen mit unveränderten Speiseresten.

Das Duodenum, Jejunum und Ileum sind mit dünnflüssigen Kothmassen mässig gefüllt.

Das Colon enthält breiigen, das S romanum und Rectum geformten Koth.

Das Peritoneum ist überall mit Fett reichlich durchsetzt, dadurch auch hier die mikroskopische Untersuchung sehr erschwert. Tripelphosphatkrystalle und Lymphkörperchen werden auch hier nicht aufgefunden.

Die Nieren und Nebennieren bieten nichts Bemerkenswerthes.

Die Harnblase enthält eine grosse Menge braungelben, etwas trüben, sauer reagirenden, sehr eiweissreichen Urins.

Uterin- und Vaginalschleimhaut blass, deren Substanz sowie die Ovarien und Tuben zeigen nichts Bemerkenswerthes.

Die Sinus der Dura mater des Gehirns, sowie die Venenplexus des Spinalcanals zeigen einen grossen Gehalt an dunklem, dünnflüssigem Blut.

Das Gehirn und Rückenmark zeigen auf ihrer Schnittfläche eine deutliche Abgrenzung zwischen weisser und grauer Substanz. Die Ventrikel des Gehirns sind leer, ihre Plexus choreidei etwas hyperämisch.

Section des Wiesels,

höchstens 11 Stunden nach dem Tode.

Der dünne Ueberzug ist mit der Hautoberfläche überall zusammengetrocknet. Die Haut zeigt auf ihrer inneren Oberfläche zahlreiche mit dunklem Blut gefüllte Gefässästchen.

Das nicht abnorm feuchte Unterhautbindegewebe enthält viele Tripelphosphatkrystalle, von der Grösse wie bei den Kaninchen, eingelagert. Lymphkörperchen werden darin nicht aufgefunden. Die oberflächlichsten Muskelschichten zeigen eine dunklere Färbung als die tieferen.

Bei Eröffnung der Brusthöhle zeigen sich die Pleurablätter glatt und glänzend, das visoerale Blatt stark geröthet, weniger das parietale. Die Pleurablätter haben keine Adhäsionen, schliessen keinen Erguss ein.

Das Herz und die grossen Gefässe sind mit dunklem, dünnflüssigem Blut gefüllt. Besonders gross ist der Blutreichthum des rechten Herzens, der Venae cavae und des Pfortaderystems.

Die Lunge ist in allen Lappen ihrer beiden Flügel lufthaltig. Die Schnittfläche dunkel und blutreich.

Die Bauchhöhle enthält keine freie Flüssigkeit, das Peritoneum zahlreiche Tripelphosphatkrystalle, während Lymphkörperchen nicht wahrgenommen wurden.

Die Leber dunkel gefärbt, ihre Schnittfläche blutreich.

Die Gallenblase enthält dunkelgrüne, dünnflüssige Galle in grosser Menge.

Die Milz ist etwas gross, dunkelroth gefärbt, auf der Schnittfläche blutreich.

Der mässig ausgedehnte Magen enthält eine schwarzbraune, dünnflüssige Masse, die sich mikroskopisch als aus grossen Mengen mit Blutfärbstoff imprägnirten Laabzellen nebst einigen rothen Blutkörperchen erweist. In der übrigens blassen Magen-

schleimhaut befinden sich zwei hellrothe Ekchymosen von unregelmässiger Form, etwa 1''' Länge und 1/2''' Breite.

Die Corticalsubstanz der Nieren ist etwas blutreich. Die Schleimhaut der Nierenbecken etwas geröthet.

Die Harnblase ist fast leer, ihre Schleimhaut blass. Ein Tropfen aus der Blase gewonnener Harn ist sehr eiweissreich.

Die Sinus der harten Hirnhaut und die Spinalvenen sind reich an dunklem, dünnflüssigem Blut.

Die graue und weisse Substanz des Gehirns und Rückenmarks sind scharf abgegrenzt, die Ventrikel des Gehirns leer.

Section der Maus,

unmittelbar nach dem Tode.

Die Cutis ist auf der Schnittfläche etwas geröthet, ihre Capillaren sind mit Blut stark gefüllt.

Auf der Innenfläche der Haut sind viele kleine Gefässverästelungen mikroskopisch sichtbar, welche derselben ein geröthetes Ansehen geben.

Das Unterhautbindegewebe ist etwas durchfeuchtet, zahlreiche Tripelphosphatkrystalle von etwa 1/30''' Par. Länge stellenweise darin abgelagert. Daneben finden sich einige Lymphkörperchen.

Die Muskeln sind, besonders in den oberflächlichen Schichten, dunkelroth gefärbt.

Die Pleuren zeigen keine Adhäsionen; sie enthalten keine Flüssigkeit.

Die Schleimhaut des Kehlkopfes und der Luftröhre ist etwas geröthet.

Die Lunge ist überall lufthaltig und blutreich.

Das Pericardium ist leer.

Das Herz ist, besonders rechterseits, mit dunklem, dünnflüssigem Blut stark gefüllt.

Dieselbe strotzende Füllung mit dunklem, dünnflüssigem Blut zeigt das Venensystem.

In der Bauchhöhle ist kein freier Erguss wahrnehmbar.

Leber und Milz erscheinen etwas gross, dunkel gefärbt und blutreich.

Der Magen und Darmkanal mit Speiseresten mässig gefüllt, ihre Schleimhaut blass.

Im Peritoneum werden keine Lymphkörperchen oder Tripelphosphatkrystalle aufgefunden.

Die Nieren sind in der Corticalsubstanz dunkel und blutreich, in der Papillarsubstanz blass.

Harnblase mit hellgelbem, eiweisshaltigem Harn stark gefüllt.
Häute des Gehirns und Rückenmarks reich an dunklem, dünnflüssigem Blut.
Gehirn und Rückenmark schwach hyperämisch. Ventrikel leer.
Geschlechtstheile unverändert.

Section der Frösche,
höchstens 12 Stunden nach dem Tode.

Die Haut zeigt in beiden Fällen weder in ihrer Dicke, noch an ihrer Innenfläche einen vermehrten Blutreichthum der Gefässe.

Unter der Haut findet sich bei beiden Thieren im Lymphgefässraum eine vermehrte Flüssigkeitsansammlung, worin frei schwimmende Lymphkörperchen in grosser Menge, aber keine Tripelphosphatkrystalle aufgefunden werden.

Die Lungen zeigen in beiden Fällen einen vermehrten Blutreichthum, einen verminderten Luftgehalt.

Das Pericardium ist in beiden Fällen leer.

Das Herz nebst den grossen Gefässen mit dunklem, dünnflüssigem Blut gefüllt, das rechte Herz und das venöse System stärker als das linke und die Arterien.

In der Bauchhöhle findet sich in beiden Fällen ein mässiger seröser Erguss.

Im Peritoneum werden keine Tripelphosphatkrystalle aufgefunden.

Leber, Milz und Nieren sind sehr blutreich.

Der Darmkanal zeigt nichts Bemerkenswerthes.

Die Häute des Hirns und Rückenmarks zeigen einen etwas vermehrten Blutreichthum.

Gehirn und Rückenmark erscheinen etwas hyperämisch. Die Ventrikel des Gehirns sind leer.

An den Geschlechtsorganen nichts Bemerkenswerthes.

Section der Taube,
unmittelbar nach dem Tode.

Die Haut ist mit der Ueberzugsmasse zu einer starren Kapsel zusammengetrocknet. An der Innenseite der Haut finden sich zahlreiche feine, mit dunkelrothem Blut stark gefüllte Gefässverästelungen.

Das Unterhautbindegewebe ist etwas serös durchfeuchtet. In demselben finden sich zahlreiche Gruppen von Tripelphosphatkrystallen von etwa $^{1}/_{60}'''$ Par. Länge, nebst einigen Lymphkörperchen abgelagert.

Die Muskulatur ist dunkelbraunroth gefärbt, ein auffälliger Farbenunterschied ihrer einzelnen Schichten nicht vorhanden.

Die Lunge ist in allen Theilen lufthaltig, auf der Schnittfläche blutreich.

Die Luftröhren- und Bronchialschleimhaut ist etwas geröthet.

Der Herzbeutel ist leer.

Das Herz und die grossen Gefässe, besonders stark die A. pulmonalis und die Venae cavae, mit dunklem, dünnflüssigem Blut gefüllt.

Die Schleimhaut des Oesophagus und des Kropfs bieten nichts Auffallendes. Letzterer enthält einige Erbsen.

Leber und Milz dunkel und blutreich.

Magen- und Darmkanal enthalten einige Speisereste, resp. Fäcalmassen.

Die Darmschleimhaut ist leicht injicirt.

Die Nieren sind dunkelroth gefärbt und auf der Schnittfläche die Corticalsubstanz blutreich.

Im Peritoneum findet sich keine Flüssigkeitsansammlung. Tripelphosphatkrystalle und Lymphkörperchen werden darin nicht aufgefunden.

Die Häute des Hirns und Rückenmarks sind reich an dunklem, dünnflüssigem Blut.

Gehirn und Rückenmark im Ganzen hyperämisch, die Ventrikel leer. Der Blutreichthum der Plexus choroidei vermehrt.

Vergleicht man die Einwirkung eines vollständigen Ueberziehens auf die verschiedenen Thierarten, so zeigt sich, dass die Zeit, während welcher nach dem Ueberziehen das Leben noch fortbesteht, im Ganzen mit der Grösse des Thieres wächst. Die Kaninchen, grosse kräftige Thiere, starben nach 5—53, bie Taube nach $35^1/_2$, das Wiesel nach 10—21, die Maus binnen 3, die Frösche nach 35—73 Stunden. Das Schaf Nr. 1 starb nach 315, das Nr. 3 nach 57—64 Stunden.

Ausnahmen von obiger Regel sind im Allgemeinen durch verschiedene Nebenumstände bedingt.

Dass z. B. das Schaf Nr. 2 ungemein rasch, schon nach 16—22 Stunden, erlag, kann nicht auffallen, weil ich dasselbe in einem von vorn herein ziemlich hinfälligen, kranken Zustande erhielt.

Vielfache Modificationen sind ferner bedingt durch die Ueberzugsmassen, insofern nicht jede derselben bei allen Thieren gleich geeignet ist, einen dauernden hermetischen Verschluss zu bewirken.

Schaf Nr. 1 würde vermuthlich eher zu Grunde gegangen sein, wenn nicht die Ueberzüge jedesmal Risse bekommen hätten. Die Lebensdauer des Schafs Nr. 3 scheint als die eines kräftigen Thiers aus dieser Gattung bei vollständigem, dauerndem Verschluss angesehen werden zu können.

Der Ueberzug der Frösche kann, wegen der reichlichen Schleimabsonderung der Haut dieser Thiere im Normalzustande, gleichfalls nicht als ein völlig wirksamer gelten; es ist noch hervorzuheben, dass sie in den Beobachtungen von Gluge ein viel intensiveres Auftreten von Krankheitserscheinungen zeigten, und schon nach einigen Stunden zu Grunde gingen.

Kaninchen werden stärker und rascher afficirt durch Ueberziehen ihrer geschorenen, als behaarten Hautoberfläche und gehen früher zu Grunde (wie die Vergleichung von Nr. 1 mit Nr. 10 und 11 zeigt); früher nach Ueberziehen mit Mucilago gummi arabici, als mit Leinöl oder Leinölfirniss, wie z. B. aus den Versuchen Nr. 1 und 2, sowie aus vielen andern hervorgeht. Eine merkwürdige Abweichung von der in Bezug auf die Lebensdauer oben angebenenen Regel zeigt die kleine Hündin. Abgesehen von der bei ihrem Ueberziehen angewandten Sorgfalt, weisen die bei ihr so charakteristischen Krankheitserscheinungen hinlänglich aus, dass die Ueberzüge ihre volle Wirksamkeit entfaltet haben. Diese Imunität des Thiers gegen die verderbliche Einwirkung des Ueberziehens weist entschieden darauf hin, dass die Perspirationsverhältnisse bei ihm andere sind wie bei den übrigen Versuchsthieren, sei es, dass die Hautperspiration bei ihm auf ein Minimum reducirt ist, oder dass die zurückgehaltenen Perspirationsstoffe nicht von so deletärer Beschaffenheit sind oder werden, wie bei den anderen Thieren. Vielleicht enthalten sie wenig oder keinen Stickstoff. Es wäre auch möglich, dass beim Hunde die Nieren oder Lunge eher im Stande sind, die Function der Haut in dieser Beziehung zu ersetzen. Jedenfalls geht daraus hervor, dass es in den Perspirationsverhältnissen verschiedener Thierarten sehr grosse Verschiedenheiten geben kann, und dass es nicht gestattet ist, aus dem, was bei einem Thiere in dieser Hinsicht gefunden ist, nach der Analogie ohne Weiteres Schlüsse auf andere zu ziehen.

Charakteristisch für den totalen Ueberzug war bei allen Thieren, mit Ausnahme des Hundes und der beiden Frösche, eine fast augenblicklich auftretende grosse Unruhe.

Obgleich die Versuche in der günstigsten Jahreszeit, nämlich in dem gleichmässig warmen Monat August u. ff. angestellt sind und dadurch unter sich viel besser vergleichungsfähig

werden, als wenn sie bei wechselnder, namentlich viel niedrigerer Temperatur ausgeführt worden wären, so ist doch, wie sich aus den Messungstabellen ergibt, der Einfluss der Temperatur der die Thiere umgebenden Atmosphäre auf die Krankheitserscheinungen nicht zu verkennen; indessen spielte derselbe, wie gleichfalls aus den Tabellen bei Vergleichung des Verhaltens verschiedener, unter ähnlichen Bedingungen befindlicher Thiere während der bedeutenderen Schwankungen der Zimmertemperatur hervorgeht, bei den vorliegenden Versuchen sowohl bei totalem als partiellem Ueberziehen eine untergeordnete Rolle.

Die Abnahme der Körperwärme in Folge theilweiser oder gänzlicher Entfernung der Haare war in keinem der untersuchten Fälle eine messbare. Die Thiere zeigten dabei, ausser einem geringern Frösteln, in ihrem Verhalten nichts Auffallendes.

Die Modificationen, welche die Krankheitserscheinungen durch Freilassung eines mehr oder weniger grossen Theils oder verschiedener Regionen des Körpers erleiden, konnten aus leicht ersichtlichen Gründen nicht an allen Arten von Versuchsthieren festgestellt werden, und wurden die zu diesem Zweck angestellten Versuche auf das Kaninchen beschränkt.

Auch für die partiellen Ueberzüge gilt das oben über den Einfluss des vorherigen Scheerens, der verschiedenen Ueberzüge etc. Gesagte.

In Bezug auf die Lebensdauer kommen bei dieser Versuchsreihe die Körperdimensionen, der Gesundheits- und Kräftezustand nicht in Betracht, da absichtlich möglichst kräftige, gesunde, ausgewachsene Thiere von etwa der nämlichen Grösse hierzu gewählt wurden. Ausser dem oben Erwähnten richten sich Krankheitserscheinungen und Lebensdauer hier bis zu einem gewissen Grade wesentlich nach der Ausdehnung und Zahl der Ueberzüge. Je häufiger ein Thier überzogen wird, desto früher treten die heftigen Krankheitserscheinungen ein, desto eher erfolgt der Tod, wenn anders der überzogenen Fläche eine hinreichende Ausdehnung gegeben ist, um den Tod herbeizuführen, wobei wahrscheinlich die Vervollständigung des Ueberzugs das Wirksame ist.

Ein specifischer Unterschied in Bezug auf das Gefahrbringende ihres Ueberziehens scheint unter den verschiedenen Hautprovinzen nicht zu bestehen.

In einem Falle freilich (siehe 21) wurde das Ueberziehen der Extremitäten, des Kopfes nebst Hals und Ohren schlechter ertragen als bei einer andern Gelegenheit (Versuch 8) das Ueberziehen des ganzen Körpers mit Ausnahme der Extremi-

täten. Indessen könnten in diesem einzelnen Falle vielleicht andere Nebenumstände eingewirkt haben.

Was die Differenzen der Lebensdauer bei bloss partiellen Ueberzügen betrifft, so werden sie durch folgende Tabelle*) übersichtlicher.

Unter ähnlichen Erscheinungen wie nach totalem Ueberziehen erfolgte auch hier der Tod.

Bei Freilassung

von	4	□Centim.	(Gummi arab. Ueberzug)	in höchstens	10	Stunden
„	9	„ „	„ „ „	nach	21	„
„	16	„ „	„ „ „	in höchstens	12	„
„	16	„ „	(Leinöl) „	nach	33—43	„
„	36	„ „	(Gummi) „ „	„	$20^1/_2$	„
„	144	„ „	„ „ „	„	33—44	„
„	216	„ „	„ „ „	„	84—94	„
„	250	„ „	„ „ „	„	58—68	„
„	300	„ „	„ „ „	„	56—66	„
„	350	„ „	„ „ „	„	51—66	„
der rechten Körperhälfte			„ „	„	$72^1/_2$	„
der Extremitäten			„ „	„	116	„

Sodann wurde der Ueberzug auf weniger als die Hälfte des Körpers beschränkt. Auch dann starben die Thiere nach Ueberziehen einer Fläche:

von 390 □Centim. (mit Gummi arab.) nach 145—157 Stunden
„ 350 „ „ „ „ „ „ „ 363—373 „
„ 304 „ „ „ Leinöl „ 146—156 „
von Kopf, Hals, Ohren und Extremitäten, zusammen einer Fläche von 735 □Centim., nach $72^1/_2$—$83^1/_2$,
von 200 □Centim. nach 163 Stunden.

Schliesslich wurde noch zweien Kaninchen, dem einen eine Fläche von 108, dem andern von 168 □Centimetern überzogen. Wiewohl die Ueberzüge täglich erneuert wurden, ergab sich in ihrem Verhalten nichts Abnormes. Die gesammte Hautoberfläche des Kaninchens, welchem 108 □Centimeter überzogen waren, betrug 1364 □Centimeter, diejenige des zweiten mit einer überzogenen Fläche von 168 □Centimeter dagegen 1375 □Centimeter. Dem erstern war also etwas über $^1/_{12}$, dem zweiten etwas über $^1/_8$ seiner Körperoberfläche überzogen.

---

*) In den entsprechenden Zahlenangaben in meiner früheren Notiz finden sich (Gött. Nachrichten 1861, p. 289) ein paar Versehen, die hier berichtigt sind.

Da das Kaninchen, welches in Folge des Ueberziehens von 200 □Centimeter zu Grunde ging, ungefähr 1364 □Centimeter Körperoberfläche hatte, so ergiebt sich, dass Kaninchen acut zu Grunde gehen, sobald mehr als $^1/_8$—$^1/_6$ ihrer Körperoberfläche überzogen wird.

Die Differenzen der Temperaturerniedrigung etc. je nach der Grösse der frei gelassenen resp. überzogenen Hautfläche ergeben sich aus den in den Tabellen niedergelegten numerischen Bestimmungen. Sie sind der Hauptsache nach folgende:

Wird einem Kaninchen eine kleine Fläche von einigen □Centimetern freigelassen, so weichen die Messungsresultate nicht wesentlich von denen bei vollständigem Ueberziehen ab. Körpertemperatur, Respirations- und Pulsfrequenz sinken sofort nach dem Ueberziehen, anfangs rasch, dann langsamer, aber continuirlich weiter herab, bis der Tod eintritt (siehe Tab. vom Kaninchen Nr. 3 und 4).

Je grösser die freigelassene Fläche, desto weniger beträchtlich ist das anfängliche, desto langsamer erfolgt das spätere Sinken der Temperatur, der Respirations- und Pulsfrequenz, desto später erfolgt der Tod.

Bald, so schon bei Freilassung von 144 □Centimetern, ist der Punkt erreicht, wo eine, wenn auch nur vorübergehende Wieder-Zunahme der Temperatur, der Respirations- und Pulsfrequenz nach einiger Zeit auftritt, und dem entsprechend der Tod noch mehr hinausgeschoben wird.

Die Respirationsfrequenz bleibt hierbei immer die relativ am Meisten beeinträchtigte.

Ist eine ansehnliche Fläche freigelassen, so können Eigenwärme und Pulsfrequenz vorübergehend zur Norm zurückkehren, während die Respirationsfrequenz sich inzwischen im Allgemeinen unverändert niedrig erhält, oder doch eine verhältnissmässig nur sehr geringe Zunahme zeigt (siehe Tab. vom Kaninchen 7, 8, 12).

Wird eine noch grössere Fläche freigelassen, so pflegen Temperatur und Pulsfrequenz zuerst nur wenig zu sinken, um sich bald wieder bis zur Norm zu erheben, resp. dieselbe bald wieder zu überschreiten, was namentlich bei der Pulsfrequenz in bedeutendem Maasse der Fall ist, während die Respirationsfrequenz regelmässig hinter ihnen zurückbleibt (siehe z. B. die Tabelle zu Kaninchen Nr. 15).

Ist nur ein kleiner Theil, etwa $^1/_4$—$^1/_3$ der Körperoberfläche überzogen, so pflegt neben der Temperatur und Pulsfrequenz auch die Respirationsfrequenz nach anfänglich geringer Abnahme sich bald über die Norm hinaus zu steigern, ohne

sich jedoch eine gleich lange Zeit wie die Eigenwärme und Pulsfrequenz auf dieser Höhe erhalten zu können. Sie sinkt schon unter die Norm herab, während Eigenwärme und Pulsfrequenz noch beträchtlich über dieselbe hinaus gesteigert sind (siehe wegen der Temperatur Tabelle von Kaninchen 20, 21, wegen des Pulses 19, 20, wegen der Respiration 20, 21).

Erstreckt sich der Ueberzug nur über $^1/_8$ — $^1/_6$ der Körperoberfläche, so tritt die Steigerung der Respirationsfrequenz in den Vordergrund, während die Temperatur und Pulsfrequenz eine sich mehr gleich bleibende geringe Erhöhung erfahren (siehe die Tabelle zu Kaninchen Nr. 22 und 23).

Ein ähnliches Verhältniss zeigt sich schon nach dem Ueberziehen eines ungleich kleineren Körpertheils (Tabelle zu Kaninchen Nr. 14).

Wird eine kleine Partie der Haut längere Zeit hindurch täglich ein- bis zweimal immer wieder überzogen, so zeigt sich nach einigen Tage eine vermehrte Röthe, die immer mehr zunimmt. Sodann entstehen Abscesse in ihrer ganzen Dicke, welche unter mehr oder weniger vollständiger Zerstörung der tiefer liegenden Hautpartie die über ihnen liegende Schicht erheben, sie allmälig durchbrechen und dicken, weissgelblichen Eiter nach aussen entleeren. Sistirt man nun das Ueberziehen, so tritt allmälige Verheilung durch Narbenbildung ein.

Was die Veränderungen in den Krankheitserscheinungen nach partiellem Ueberziehen betrifft, so gehen sie mit den Veränderungen in der Eigenwärme, Respirations- und Pulsfrequenz Hand in Hand. Eine detaillirte Beschreibung derselben wäre hier eine unnöthige Wiederholung der speciellen Krankengeschichten, aus deren Vergleichung mit den Tabellen sich das Einzelne über jedes Thier unmittelbar ergiebt.

Nur einige Bemerkungen mögen hier am Platze sein:

War für ein totales Ueberziehen eine sofort auftretende grosse Unruhe charakteristisch, so fehlte sie nicht etwa bei einem partiellen Ueberziehen ganz, sondern war bloss weniger auffallend. Je mehr Beschränkung die Ausdehnung des Ueberzugs erfuhr, desto weniger stark war die Unruhe des Thiers und desto kürzer andauernd. Bei sehr ausgedehnten Ueberzügen ging sie unmittelbar, bei weniger ausgedehnten durch einen mehr normalen in einen apathischen Zustand über. Erfuhr der Ueberzug eine noch weitere Einschränkung, so fehlte sie ganz und das Thier ging nach einem mehr oder weniger langen fast normalen Verhalten in den apathischen Zustand über.

Die Erhöhung der Eigenwärme, der Respirations- und

Pulsfrequenz deuten offenbar auf einen durch partielle Ueberzüge bis zu einer gewissen Ausdehnung hervorgerufenen febrilen Zustand.

Tritt hierbei, auch während das Thier keine Spur eines Uebelbefindens zeigt, die Körperwärme und Pulsfrequenz über die Norm erhöht sind, eine Verlangsamung der Respirationsfrequenz unter die Norm ein, so ist die todtbringende Wirkung des Ueberzugs mit Sicherheit vorauszusehen.

Die Lebhaftigkeit des Thieres kann bis zu einem gewissen Grade längere Zeit nach der Verlangsamung und Erschwerung der Respiration fortbestehen, ohne zu irgend einem Schluss auf die Lebensdauer des Thieres zu berechtigen. Dasselbe kann schon in den nächsten zwei Stunden seine ganze Munterkeit verlieren und dem Tode nahe gebracht werden, wenn die Respiration sehr danieder liegt. Ist umgekehrt die Respiration nicht oder wenig erschwert, ihre Frequenz eine normale, während die Körperwärme und Lebhaftigkeit des Thiers verhältnissmässig tief gesunken sind, so steht zu erwarten, dass dasselbe sich in den nächsten Stunden erholen wird.

Dem Verhalten der Respiration scheint demnach als Zeichen einer tieferen Erkrankung die grösste Bedeutung beigelegt werden zu müssen. Letzteres gilt indess zunächst nur vom Kaninchen und nur vom Verhalten der Respiration einige Zeit nach dem Ueberziehen, da die Kaninchen im Normalzustande äusserst unregelmässig, im ruhigen Zustand sehr häufig und oberflächlich, in einem nicht ganz ruhigen Zustand viel tiefer und seltener zu respiriren pflegen, nach dem Ueberziehen einer einigermassen beträchtlichen Hautoberfläche die gewöhnliche Art von oberflächlicher Respiration hinwegfällt.

Zu bemerken ist noch, dass die verderbliche Wirkung eines partiellen Ueberzugs, freilich erst nach längerer Zeit, dann aber mehr plötzlich und energischer einzutreten scheint, als die der totalen.

Ein partiell überzogenes Thier befindet sich mehrere Tage nach dem Ueberziehen ganz wohl, es frisst, ist lebhaft, hat eine etwas vermehrte Eigenwärme, eine etwas erhöhte Puls- und Respirationsfrequenz; mit einem Male wird die Respiration verlangsamt und erschwert, und schon nach einigen Stunden treten die heftigsten Krampfzufälle und der Tod ein.

Diese auffallenden Erscheinungen, sowie der Umstand, dass die an der inneren Hautoberfläche constant vorhandene starke Gefässentwickelung bei partiellen Ueberzügen mit Bildung einer so scharfen Grenze, dass man daran die Form einer frei gelassenen Fläche von innen her deutlich wieder erkennen

konnte, an den freigelassenen Hautflächen plötzlich aufhörte, forderten schon beim Versuchsthier Nr. 5 zu einer genaueren Untersuchung der Haut und des Unterhautbindegewebes auf. Die mikroskopische Untersuchung der Cutis selbst ergab nichts Abnormes. Dagegen wurden in den serös durchfeuchteten Maschen des Unterhautbindegewebes der überzogenen Hautflächen zahlreiche Lymphkörperchen, ferner hier sowie im Peritoneum, mit Ausnahme des Hundes und der beiden Frösche, in sämmtlichen untersuchten Fällen, wo die Thiere am Ueberzug zu Grunde gegangen waren, bei 16 Kaninchen, 1 Schaf, 1 Taube, 1 Wiesel und 1 Maus (also im Ganzen in 20 Fällen) die oben beschriebenen zahlreichen Tripelphosphatkrystalle aufgefunden (siehe die Figur).

Da man vermuthet hat, dass in Folge der unterdrückten Hautperspiration zu Grunde gegangene Thiere besonders rasch in Zersetzung übergehen, so liegt der Gedanke nahe, dass die Krystalle ein gewöhnliches Fäulnissproduct seien. Dass dem aber nicht so ist, wird durch die folgenden Thatsachen hinlänglich bewiesen.

Die Gewebe, worin sich die Krystalle abgelagert fanden, waren in allen Fällen unverändert, in keiner Weise von Fäulniss ergriffen. Es gelang, bei Kaninchen Nr. 8, 16, 28, bei der Taube und der Maus die Krystalle unmittelbar nach dem Tode aufzufinden, ausserdem in zahlreichen Fällen bald nachher. Die Zahl und Grösse war dieselbe, wie viele Stunden nach dem Tode. Die Krystalle fanden sich nur an einzelnen unregelmässig zerstreut liegenden Stellen, während sie in der Entfernung von $^1/_2''$ von einer solchen Stelle oft lange Zeit vergeblich gesucht wurden. Sie lagen in den Maschen des Unterhautbindegewebes, besonders in der Nähe von Capillargefässen. Bei zwei gesunden, sowie bei den beiden zuletzt zu $^1/_{12}$ — $^1/_8$ der Hautoberfläche überzogenen und getödteten Kaninchen wurden sie bis 48 Stunden nach dem Tode in sehr zahlreichen Präparaten vergeblich gesucht. Von der Möglichkeit, dass diese Krystalle nicht aus phosphorsaurer Ammoniak-Talkerde, sondern aus einer isomorphen Verbindung eines organischen flüchtigen Alkali mit phosphorsaurer Magnesia beständen, glaube ich bei dem Mangel eines jeden Anhaltspunktes für eine derartige Vermuthung abstrahiren zu können.

Die Entdeckung dieser Krystalle forderte zur Untersuchung der freigelassenen Hautfläche der Thiere während des Lebens auf, und wurden nach längerer Einwirkung des Ueberzugs vermittelst über der freigelassenen Fläche gehaltenen Hämatoxylinpapiers auf die oben beschriebene Weise deutliche Spuren

eines flüchtigen Alkali's unter den angegebenen Cautelen mit Sicherheit nachgewiesen.

Im frischen Blut eines durch Ueberziehen getödteten Kaninchens zeigte sich der durch Aetznatron freigemachte Ammoniakgehalt im Vergleich mit demjenigen normaler Thiere auf Annäherung eines mit Salzsäure befeuchteten Glasstäbchens auffallend vermehrt. Um ganz sicher zu gehen, wurde die entscheidende Vergleichung der Stärke der Salmiaknebel von einem Beobachter gmacht, dem die Herkunft der beiden zu vergleichenden Blutarten unbekannt war.

Ueber den Causalnexus der verschiedenen beobachteten Erscheinungen dürfte sich Folgendes ergeben:

Nach Ueberziehen der ganzen Körperoberfläche gingen die Thiere unter starkem Zittern, grosser Unruhe und Dyspnoe, welcher unter Auftreten von Lähmungserscheinungen oder clonischen und tonischen Krämpfen bald ein apathischer Zustand, sowie rasche Abnahme der Eigenwärme, der Athmungs- und Pulsfrequenz folgte, sämmtlich acut zu Grunde. Der Harn, in dem vor Beginn des Versuchs die Abwesenheit von Eiweiss dargethan worden war, wurde gewöhnlich bald in vermehrter Quantität abgesondert; er zeigte dabei ein erhöhtes spec. Gewicht und, manchmal schon nach einigen Stunden, einen nicht unbeträchtlichen Eiweissgehalt.

Auch bei Ueberziehen von mehr als $^1/_8$ der Körperoberfläche erfolgte bei Kaninchen unter ähnlichen, je nach der Ausdehnung des Ueberzugs früher oder später auftretenden Erscheinungen der Tod direct in Folge des Ueberziehens.

Die Sectionen ergaben ausser den aus der Literatur dieses Gegenstandes bekannten Resultaten, wie Hyperämie der Muskeln, Lungen, Leber, Milz, mehr oder weniger beträchtlichen Ergüssen in der Pleura, der Bauchhöhle, dem Pericardium, dem Unterhautbindegewebe etc. constant verschieden beträchtliche Ekchymosen in der Magenschleimhaut. Am auffälligsten waren dieselben bei den Kaninchen. Hier fanden sich in der blassen Magenschleimhaut, besonders gegen die grosse Curvatur, meist sehr zahlreiche, dunkle Ekchymosen vom Durchmesser eines kleinen Stecknadelkopfes bis zu dem einer Erbse, von meist kreisrunder, selten ovaler Form und mit ihrer convexen Oberfläche über dem Niveau der blassen (gesunden) Schleimhaut stets deutlich hervorragend.

So weit der Ueberzug die Haut bedeckte, wurde dieselbe hyperämisch gefunden. An der inneren Oberfläche zeigte sich alsdann eine starke Gefässentwickelung, die sich bei partiellen

Ueberzügen von der freigelassenen Umgebung stets ziemlich scharf abgrenzte.

Aus Allem zusammen lässt sich die Annahme rechtfertigen, dass im Normalzustande durch die Haut der zuletzt erwähnten Thiere eine kleine Quantität Stickstoff vermuthlich nicht in fester (als Harnstoff), sondern in gasförmiger, übrigens nicht näher zu bestimmender Gestalt ausgeschieden wird.

Ob es die Form des Ammoniaks ist, dürfte zu bezweifeln sein. Wahrscheinlich ist es irgend ein flüchtiges organisches Alkali, eine Aminbase. Ist die Ausscheidung desselben durch hermetischen Abschluss der Haut behindert, so erscheint der zurückgehaltene Stickstoff in Form von Ammoniak oder vielleicht ebenfalls als Aminbase im Blut und wird als Tripelphosphat in die Gewebsflüssigkeit der Interstitien des Unterhautbindegewebes und Peritoneum zum Theil abgelagert. Im Blute kreisend ruft die zurückgehaltene Stickstoff-Verbindung Reizungen des Nervensystems, und dadurch Schüttelfrost, Lähmungen, Krämpfe, tetanische Anfälle hervor. Zugleich entstehen dadurch Respirationsbeschwerden, Ekchymosen und manchmal Hämorrhagien der Magenschleimhaut, Hyperämie des Gehirns, der Lunge, Leber, Milz und Nieren mit Abscheidung von eiweisshaltigem Urin, Sinken der Temperatur, Respirations- und Pulsfrequenz, und schliesslich erfolgt der Tod.

Die fernere Untersuchung müsste offenbar zunächst darauf gerichtet sein, die vermuthete Ausscheidung eines gasförmigen, stickstoffhaltigen Bestandtheils der Hautperspiration bei geeigneten Thieren (z. B. Kaninchen, nicht etwa bei Hunden) im Normalzustande nachzuweisen.

Dieses könnte aber nicht ohne besondere Apparate, namentlich um die Producte der Lungenrespiration, dann der Haut abzusondern und überhaupt ohne grössere äussere Mittel geschehen, als sie mir bisher zu Gebote gestanden haben.

Schliesslich kann ich nicht umhin, meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Krause, für das Wohlwollen und die bereitwillige Unterstützung, die er mir bei der Ausführung dieser Untersuchungen in so reichem Masse zu Theil werden liess, meinen innigsten Dank auszusprechen.

Erklärung der Tabellen.

Die Tabellen enthalten die Resultate der zweistündlich an Versuchsthieren vorgenommenen Messungen der Temperatur, der Respirations- und Pulsfrequenz. Bei der Anordnung derselben war die Uebersichtlichkeit das Massgebende. Es wurden deshalb die Messungen jedes einzelnen Tages, und unter diesen wieder diejenigen der einzelnen Stunden zusammengefasst, so zwar, dass, von links nach rechts gezählt, die erste vertikale Spalte den Tag, die zweite die Stunde der Messung, die dritte die Respirations-, die vierte die Pulsfrequenz nach Minuten, die fünfte die Temperatur des Thiers, die sechste die des Zimmers in Celsiusgraden ausgedrückt enthält. Diese verticalen Colonnen sind so neben einander gestellt, dass sämmtliche zusammengehörige Messungen einer Stunde horizontal neben einander liegen und so wieder für sich eine von links nach rechts verlaufende Colonne bilden. Die oberste horizontale Colonne gibt die Messungen im unversehrten Zustande an. Schliesslich folgen am weitesten nach rechts Bemerkungen über die für das Verständniss der Zahlen wesentlichsten Momente, wie Ueberzugsmasse, Erneuerung des Ueberzugs etc., ebenfalls nach der Zeit geordnet.

Erklärung der graphischen Tabellen.

Um die Resultate der Messungen nach den verschiedensten Richtungen hin leichter verfolgen zu können, als dies durch Zahlentabellen erreichbar ist, wurden dieselben zum Theil, so weit es nöthig erschien, graphisch dargestellt.

Die Anordnung dieser graphischen Tabellen, in der, wie bei den Zahlentabellen, die Uebersichtlichkeit der leitende Gesichtspunkt war, ist folgende: Der durch zahlreiche horizontal und vertikal verlaufende Linien in etwa gleich grosse Felder abgetheilten Tabelle ist linkerseits zunächst eine dem Celsius-Thermometer mit zehntheiligen Graden entsprechende Skala angefügt, welche Behuf Raumersparniss nicht durch zehn, sondern nur durch fünf der horizontal verlaufenden Linien die Gradtheile angedeutet enthält. Die vollen Grade sind marquirt durch dickere Linien, welche ebenfalls zugleich quer über die ganze Tabelle verlaufen.

Der Temparaturscala zunächst folgt linkerseits eine zweite Scala für die Inspirationen, von denen je eine auf $^1/_5$ Grad der Temperatur anzunehmen die Uebersichtlichkeit gebot. Der Respirationsscala zunächst nach links folgt eine Scala für die Pulsfrequenz, von der je vier Pulsschläge einer Inspiration entsprechend angenommen worden sind. Die Eintheilung der Scalen ist ausser durch Linien noch durch Zahlen in der erwähnten Weise bewerkstelligt. Die vertikal verlaufenden Linien fassen den Zwischenraum zwischen den einzelnen zweistündlich vorgenommenen Messungen

zwischen sich, so zwar, dass die erste Messung am linken Rande der Tabelle, neben der Temperaturscala aufgezeichnet und in gerader Richtung mit einem auf der folgenden Vertikallinie verzeichneten Punkte verbunden ist, welche der zwei Stunden später vorgenommenen Messung entspricht. Auf diese Weise mit einander verbunden, stellen die einzelnen Messungen von links nach rechts verlaufende Linien dar, welche durch die Kreuzung mit den vertikalen Linien, vermittelst der am oberen Ende angegebenen Zahlen, den Zeitpunkt, wo sie angestellt wurden, direct in Zahlen angeben. Der Beginn der Linie entspricht der ersten Messung am unversehrten Thier und dem Normalzustand desselben. Die Zeit, welche zwischen der letzten Messung eines Abends und der ersten des folgenden Morgens liegt, ist durch Ausfüllung der entstehenden Lücken vermittelst gerader Linien angedeutet.

Erklärung der Figur.

Die beigegebene Figur stellt einige nach der Natur gezeichnete Gruppen von Tripelphosphatkrystallen mit zum Theil deutlich erkennbarer Sargdeckelform nebst ihrem Stroma von subscutanem Bindegewebe dar. In dem wellig gezeichneten Bindegewebe sind einige elastische Fasern an ihrer stärkeren Schattirung und Schlängelung erkennbar. Das Präparat stammt vom Kaninchen Nr. 8 und wurde unmittelbar nach dem Tode des Thieres dargestellt. Vergr. 250.

Tabelle der Messungen am Schaf.

Juli	Stunden der Messung	Inspirationen	Pulsfrequenz	Temperatur der Scheide	Bemerkungen
29	9	25	77	39.0	Schaf 1 vor dem Ueberziehen.
	11	19	120	38.0	
	1	19	100	38.2	
	3	20	75	39.1	
	5	23	90	39.3	Ueberzug ausgebessert.
	7	18	85	39.0	
30	7	14	86	38.1	Ueberzug ausgebessert.
	9	16	82	38.7	
	11	18	78	38.9	
	1	19	78	39.0	
	3	21	77	39.0	
	5	21	76	39.0	
	7	23	90	39.0	
31	7	30	90	39.0	
	9	31	92	39.0	
	11	30	90	39.2	
	1	31	95	39.6	
	3	32	100	39.9	Ueberzug ausgebessert.
	5	15	63	38.2	
	7	16	68	39.4	
August 1	7	18	70	38.9	
	9	18	71	39.0	
	11	19	74	39.1	
	1	19	75	39.4	
	3	20	80	39.4	
	5	20	88	39.6	
	7	20	90	39.6	
2	7	18	70	39.4	
5	7	19	76	38.7	Ueberzug entfernt.
6	7	20	86	39.2	
7	7	20	86	38.9	
	1	20	85	39.0	
	7	20	90	39.3	
8	7	20	88	38.9	
	9				Ueberzug mit Gummi arabicum.
	11	32	170	37.5	
	1	28	170	38.6	
	3	20	100	38.8	
	5	20	100	39.0	
	7	24	106	39.2	

August	Stunden der Messung	Inspirationen	Pulsfrequenz	Temperatur der Scheide		Bemerkungen
9	7	20	100	35.5		
	9	20	98	38.6		Ueberzug erneuert.
	11	15	106	35.5		
	1	16	112	34.8		
	3	20	100	37.5		
	5	20	100	38.4		
	7	18	120	38.6		
10	7	24	100	38.7		Gummiüberzug entfernt; Tischlerleimüberzug.
	9	26		37.0		
	11	20		36.7		
	1	20		35.5		
	3	20		36.8		
	5	26		38.1		
	7	26	106	38.3		
11	7	20	110	38.0		
				Temperatur der Scheide	Temperatur des Zimmers	
13	7	22	116	39.2	23.0	Schaf 2 vor dem Ueberzug, überzogen mit Leinölfirniss.
	9	16	240	37.7	23.7	
	11	36	180	40.3	25.0	
	1	34	200	40.4	25.0	
	3	28	240	39.2	26.1	
	5	28	280	37.5	25.0	
	7			36.0	23.0	
Septbr.				des Mastdarms		
20	2 Nachm.	26	130	39.5	16.7	Schaf 3 vor dem Ueberzug.
21	7 Morg.	40			16.0	
22	3	36				
	5	29		24.5	16.4	
	8	20		23.0	16.0	

Tabelle der Messungen an der Taube.

Septbr.	Stunden der Messung	Inspirationen	Temperatur der Cloake	Temperatur des Zimmers	Bemerkungen
6	7	44	42.0	19.4	vor dem Ueberzug.
	9	44	36.0	19.4	
	11	44	39.0	20.0	
	1	40	39.5	20.0	
	3	44	39.0	20.3	
	5	40	38.8	20.2	
	7	42	39.5	20.0	
	9	44	41.0	18.6	

Septbr.	Stunden der Messung	Inspirationen	Temperatur der Cloake	Temperatur des Zimmers	Bemerkungen
7	7	40	40.7	18.4	
	9	39	40.1	19.2	
	11	38	39.9	20.0	
	1	38	39.5	20.0	
	3	36	39.0	20.0	
	5	36	37.0	19.2	starb Abends 7 Uhr.

Tabelle der Messungen am Hunde.

August	Stunden der Messung	Inspirationen	Pulsfrequenz	Temperatur der Scheide	Temperatur des Zimmers	Bemerkungen
16	7	36	78	38.9	22.7	Unmittelbar vor dem Ueberziehen mit eingekochtem Leinölfirniss.
	9	26	120	36.5	23.3	
	11	20	120	38.4	25.0	
	1	18	80	38.8	26.5	
	3	14	72	39.0	26.6	
	5	14	80	39.0	26.6	
	7	14	80	39.0	26.5	
17	7	10	80	38.8	23.3	
	9	13	88	38.0	23.1	
	11	10	80	38.5	23.1	
	1	11	80	38.6	23.1	
	3	16	84	38.9	22.7	
	5	15	100	39.0	22.5	
	7	12	78	38.7	22.0	
18	7	13	80	38.7	22.0	
	9	13	85	38.7	22.6	
	11	14	100	38.7	23.2	
	1	13	73	38.7	24.3	
	3	12	75	38.5	23.9	
	5	12	80	38.2	23.2	
	7	12	75	38.5	22.6	
19	7	20	100	39.5	22.5	
	9	19	106	39.5	22.9	
	11	13	120	39.5	23.5	
	1	15	100	39.0	25.0	
	3	15	86	38.9	25.0	
	5	12	84	38.9	24.1	
	7	8	88	38.7	23.2	
20	7	20	115	39.1	21.8	
	7	12	80	38.8	18.5	
21	7	12	84	39.0	21.7	
	7	10	80	38.8	21.2	

August	Stunden der Messung	Inspirationen	Pulsfrequenz	Temperatur der Scheide	Temperatur des Zimmers	Bemerkungen
22	7	14	120	38.7	20.0	
	7	8	86	38.7	20.0	
23	7	9	100	38.7	19.4	
	7	10	92	38.8	20.0	
24	7	8	120	38.6	18.2	
	7	10	112	38.9	18.4	
25	7	10	120	38.3	18.4	
	7	10	88	38.4	18.4	
26	7	7	100	38.5	17.5	
	7	6	90	38.1	18.1	
27	7	6	100	38.2	18.1	
	7	10	100	38.2	18.4	
28	7	10	104	38.6	18.0	
	7	8	84	38.7	18.4	
29	7	8	88	38.9	18.4	
	7	12	88	39.1	20.0	
30	7	18	104	38.8	19.5	
	7	20	120	39.1	18.5	
31	7	20	120	39.0	18.5	
	7	20	110	39.0	18.5	
Septbr. 1	7	26	100	39.0	18.4	Nach Entfernung des ersten Ueberzugs.
4	7	24	144	39.7	20.0	Unmittelbar vor dem zweiten Ueberzug mit Gummi arabicum.
	9	18	138	38.9	20.0	
	11	14	134	38.5	20.0	
	1	12	132	39.1	20.0	
	3	14	130	39.1	20.6	
	5	24	130	39.1	20.0	
	7	24	160	39.0	20.0	
5	7	24	160	39.0	20.0	
	9	24	160	39.1	20.5	
	11	18	156	39.1	21.0	Ueberzug aus stark eingekochtem Leinölfirniss.
	1	18	160	39.2	21.3	
	3	20	116	39.2	21.4	
	5	16	144	39.2	20.7	
	7	16	140	39.2	20.6	
6	7	14	128	39.0	19.4	
	9	14	124	39.0	19.4	
	11	16	126	38.6	20.0	
	1	16	126	38.5	20.0	
	3	16	110	38.5	20.3	
	5	16	100	38.5	20.2	
	7	20	106	38·6	20.0	
7	7	12	120	38.7	18.4	
	9	11	115	38.8	19.2	

Septbr.	Stunden der Messung	Inspirationen	Pulsfrequenz	Temperatur der Scheide	Temperatur des Zimmers	Bemerkungen
7	11	11	116	38.7	20.0	
	1	11	118	38.7	20.0	
	3	12	120	38.5	20.0	
	5	12	116	38.6	19.2	
	7	12	120	38.7	18.4	
8	7	14	110	38.8	17.2	
	9	14	110	38.7	17.2	
	11	14	112	38.8	18.0	
	1	14	112	38.5	18.4	
	3	13	112	38.8	18.4	
	5	12	115	38.9	18.4	
	7	12	116	39.0	18.0	
9	7	12	106	39.0	17.9	
	9	12	114	39.0	18.4	
	11	12	114	39.1	18.5	
	1	12	114	39.1	18.5	Ueberzug aus Leinöl.
	3	12	90	39.0	18.5	
	5	11	94	39.1	18.5	
	7	11	94	39.4	18.5	
10	7	10	116	38.7	16.7	
	9	10	114	38.8	16.0	
	11	16	112	38.8	16.0	
	1	18	104	38.7	16.0	
	3	17	104	38.7	16.0	
	5	16	100	39.0	15.5	
	7	17	100	39.2	15.0	
11	7	18	100	38.5	15.0	
	9	19	105	38.6	15.5	
	11	18	106	38.6	16.0	
	1	18	100	38.6	16.5	
	3	19	112	38.8	16.5	
	5	19	115	38.6	16.5	
	7	20	120	38.5	16.5	
12	1	20	100	38.6	17.2	Nach Entfernung des Leinölüberzugs, Ueberzug von Tischlerleim.
	3	16	150	38.2	18.1	
	5	16	160	38.5	17.3	
	7	20	130	38.5	17.2	
14	11	20	100	38.6	17.3	
	5	16	120	38.0	16.7	Ueberzug von weisser Oelfarbe.
	7	16	124	38.1	16.0	
15	9	20	122	38.6	16.0	
	7	20	125	38.5	16.7	
	11	20	120	38.5	17.2	
	1	20	120	38.5	18.0	
	3	20	125	38.6	18.0	
	5	20	124	38.6	17.0	
	7	20		38.6	16.1	

Septbr.	Stunden der Messung	Inspirationen	Pulsfrequenz	Temperatur der Scheide	Temperatur des Zimmers	Bemerkungen
16	7	20	120	38.6	16.0	
	9	20	120	38.6	16.2	Ueberzug von weisser Oelfarbe und Terpentin.
	11	12	156	38.0	16.5	
	1	12	160	38.3	16.7	
	3	14	140	38.5	16.7	
	5	14	132	38.9	16.3	
	7	14	124	38.4	16.0	
17	7	12	120	38.6	16.0	
	7	10	114	38.2	16.0	
18	7	18	190	38.7	16.0	
	5	20	180	38.9	16.5	Ueberzug von Theer, Colophonium und Terpentin.
	7	16			16.2	
19	7	7			16.0	
	9	9			16.0	
	11	10			16.0	

Tabelle der Messungen am Kaninchen.

August	Stunden der Messung	Inspirationen	Temperatur der Scheide	Temperatur des Zimmers	Bemerkungen
17	4.30	96	38.2	23.3	Kaninchen 2 vor dem Ueberz.
	7	60	24.7	23.1	Ganz behaart überzogen mit
	9	60	24.0	22.2	Gummi arabic.
22	10	60	39.0	20.3	Kaninchen 3 vor dem Ueberz.
	12	60	25.1	22.0	Gummi arabicum-Ueberzug
	2	60	24.5	21.2	8 □Centim. des Rückens
	4	54	23.6	21.1	freigelassen.
	6	56	23.1	20.0	
	8	40	22.5	20.0	
24	10	100	38.7	18.4	Kaninchen 4 vor dem Ueberz.
	12	82	29.3	20.0	Gummi arabicum 30 □Cent.
	2	60	30.1	20.0	des Rückens frei.
	4	48	29.1	20.0	
	6	48	30.6	20.0	
	8	52	30.2	19.4	
27	9	100	39.9	18.4	Kaninchen 5 vor dem Ueberz.
	11	80	32.5	18.4	Gummi arabicum-Ueberzug
	1	78	32.4	18.4	144 □Centim. des Rückens
	3	80	34.0	18.4	frei.
	5	80	36.2	18.4	
	7	64	35.8	18.4	
28	7	40	32.5	18.0	
	9	38	30.0	18.0	

August	Stunden der Messung	Inspirationen	Temperatur der Scheide	Temperatur des Zimmers	Bemerkungen
28	11	35	28.8	18.1	
	1	32	26.5	18.4	
	3	16	29.2	19.2	
	5	16	23.5	20.0	
	7	20	21.0	18.4	
	9	18	21.0	18.4	
31	9	96	38.0	18.4	Kaninchen 6 vor dem Ueberz. Gummi arabicum-Ueberzug 216 □Centim. des Rückens frei.
	11	48	32.0	20.0	
	1	44	32.5	20.3	
	3	40	34.5	20.0	
	5	48	35.5	20.0	
	7	52	35.3	18.5	
Septbr. 1	9	60	37.1	18.4	
	11	74	37.2	20.0	
	1	80	37.8	21.1	
	3	60	38.2	21.8	
	5	60	38.9	20.0	
	7	80	38.7	20.0	
2	7	48	38.1	18.4	
	9	52	38.1	18.5	
	11	50	38.5	20.0	Ueberzug ausgebessert.
	1	50	36.5	22.3	
	3	50	37.5	23.4	
	5	56	37.5	22.2	
	7	44	37.8	20.0	
3	7	39	38.8	20.0	
	9	36	38.5	20.0	
	11	32	33.7	23.0	
	1	26	33.9	23.1	
	3	26	33.2	22.3	
	5	24	32.8	22.2	
	7	24	28.0	21.1	
	9	18	24.0	20.3	

Septbr.	Stunden der Messung	Inspirationen	Pulsfrequenz	Temperatur der Scheide	Temperatur des Zimmers	Bemerkungen
4	11	100	200	39.0	20.0	Kaninchen 7 vor dem Ueberz. Gummi aabicum-Ueberzug 250 □Centim. des Rückens frei.
	1	80	190	35.4	20.0	
	3	70	180	32.0	20.6	
	5	60	180	31.5	20.0	
	7	72	180	33.4	20.0	
5	7	60	200	34.3	20.0	
	9	56	220	34.2	20.5	
	11	48	215	35.1	21.0	
	1	48	220	35.2	21.3	

Septbr.	Stunden der Messung	Inspirationen	Pulsfrequenz	Temperatur der Scheide	Temperatur des Zimmers	Bemerkungen
5	3	56	240	37.2	21.4	
	5	52	180	37.5	20.7	
	7	56	200	37.6	20.6	
	9	52	208	37.5		
6	7	40	204	35.5	19.4	
	9	44	216	35.6	19.4	
	11	36	164	35.4	20.0	
	1	30	160	35.0	20.0	
	3	32	92	35.5	20.3	
	5	32	92	33.4	20.2	Ueberzug ausgebessert.
	7	32	92	32.5	20.0	
	9	24	64	30.0	18.0	
5	9	140	180	39.0	20.4	Kaninchen 9 vor dem Ueberz.
	9	130	185	39.0	19.4	Eine Fläche von 96 □Centim. überzogen.
6	9	88	176	38.8	19.4	
	9	124	200	39.5	18.6	
7	9	100	150	39.6	19.2	
	9	120	180	39.3		
8	9	80	120	38.5	17.2	
	9	78	200	39.1		
9	9	80	185	39.1	18.4	
	9	80	180	39.2		
10	9	80	170	39.1	16.0	
	9	82	180	39.2		
11	9	78	190	39.5	15.5	
	9	80	185	39.8		
12	9	90	190	39.5		
	9	95	186	39.7		
13	9	68	204	39.6		
	9	75	200	39.5		
14	9	84	170	39.6		
	9	80	160	39.5		
15	9	82	165	39.5	16.7	
	9	80	162	39.5		
16	9	76	170	39.2	16.2	Ueberzug erneuert.
	9	80	175	39.3		

Septbr.	Stunden der Messung	Inspirationen	Temperatur der Scheide	Temperatur des Zimmers	Bemerkungen
4	1	128	38.4	20.0	Kaninchen 8 vor dem Ueberz.
	3	76	34.5	20.6	Gummi arabicum-Ueberzug.
	5	60	34.8	20.0	Die Beine freigelassen.
	7	76	36.2	20.0	

Septbr.	Stunden der Messung	Inspirationen	Temperatur der Scheide	Temperatur des Zimmers	Bemerkungen
5	7	95	36.8	20.0	
	9	100	37.2	20.5	
	11	100	37.0	21.0	
	1	100	37.5	21.3	
	3	100	37.8	21.4	
	5	80	38.5	20.7	
	7	105	38.7	20.6	
	9	100	38.7	19.7	
6	7	100	38.5	19.4	
	9	100	38.5	19.4	
	11	100	38.4	20.0	Ueberzug erneuert.
	1	64	35.0	20.0	
	3	68	38.0	20.3	
	5	66	37.8	20.2	
	7	64	38.0	20.0	
	9	64	38.6	18.0	
7	7	64	38.2	18.4	
	9	65	38.3	19.2	
	11	68	38.3	20.0	
	1	70	38.4	20.0	
	3	72	39.6	20.0	
	5	70	39.4	19.2	
	7	72	39.3	18.4	
	9	72	39.1	17.5	
8	7	68	38.0	17.2	
	9	68	38.0	17.2	
	11	66	37.4	18.0	
	1	64	37.1	18.4	
	3	65	37.2	18.4	
	5	64	37.0	18.4	
	7	60	37.1	18.0	
	9	56	37.2	17.9	
9	7	24	23.7	17.9	Harn in der Leiche eiweisshaltig. Tod 9 Uhr 15 Min.
			des Mastdarms		
13	12	80	38.5	18.0	Kaninchen 13 vor dem Ueberz.
	1	72	34.5	18.4	Ganzer Körper geschoren.
	3	68	36.9	18.4	Leinöl. 16 □Centim. des
	5	70	37.1	18.0	Rückens frei.
	7	68	38.0	17.3	
	9	70	33.8	17.0	
14	7	46	33.8	16.2	
	9	44	33.7	16.0	
	11	44	33.1	17.3	
	1	43	32.8	17.3	
	3	40	30.4	17.2	
	5	35	28.0	16.7	

Septbr.	Stunden der Messung	Inspirationen	Temperatur des Mastdarms	Temperatur des Zimmers	Bemerkungen.
14	7	30	24	16.0	
	9	20	24	16.0	15. Sept. morg. todt gefunden.
9	7	100	40.2	17.9	Kaninchen 11 vor und nach dem Scheeren des ganzen Körpers. Gummi arabicum. 16□Cent. des Rückens frei. Tod nach spätestens 12 St.
12	12	90	37.5	17.0	Kanin. 12 vor d. Ueberziehen. Ueberzug von Gummi arabicum 300 □Centimeter in Ringform am Rumpf freigelassen.
	1	80	34.0	17.2	
	3	52	34.5	18.1	
	5	45	35.9	17.3	
	7	46	36.0	17.2	
	9	60	37.0	16.0	
13	7	70	37.5	16.0	
	9	72	37.5	17.0	
	11	80	37.5	18.0	
	1	60	34.0	18.4	Ueberzug erneuert.
	2	44	35.9	18.4	
	5	44	36.0	18.1	
	7	48	36.4	16.0	
	9	48	36.6	16.0	
14	7	32	36.5	16.0	
	9	32	36.5	16.5	
	11	32	36.2	17.3	
	1	32	35.9	17.3	
	3	32	35.6	17.2	
	5	30	33.5	16.7	
	7	25	32.8	16.0	
	9	22	31.2	16.0	Am 15. Spt. morg. 7 U. todt gef.

Septbr.	Stunden der Messung	Inspirationen	Pulsfrequenz	Temperatur des Mastd.	Temperatur des Zimmers	Bemerkungen
17	4	120	240	39.4	16.0	Kaninchen 16 vor d. Ueberzug.
18	7	116	240	39.3	16.0	300 □Cent. in Ringform und 50 □Cent. auf der Kreuzgegend geschoren und mit Gummi arabic. überzogen.
19	7	116	240	39.4	16.0	
20	7	118	235	39.2	16.0	
21	7	120	240	39.4	16.0	
22	7	115	236	39.3	16.0	Ueberzug ausgebessert.
23	7	90	240	39.7	16.0	
24	7	100	280	40.4	16.0	
25	7	104	240	40.2	16.0	
26	7	132	256	41.0	16.0	
27	7	92	228	41.0	16.0	

Septbr.	Stunden der Messung	Inspirationen	Pulsfrequenz	Temperatur des Mastd	Temperatur des Zimmers	Bemerkungen
28	7	80	200	40.2	16.0	Ueberzug erneuert.
29	7	80	216	40.3	16.0	Ueberzug erneuert.
30	7	80	244	40.5	16.0	Ueberzug erneuert.
October 1	7	80	245	40.3	16.0	Ueberzug erneuert.
2	7	75	248	30.0	16.0	Am 3. Oct. Morg. 7 U. todt gef.
Spt. 18	4	100	240	38.5	16.5	Kaninchen 17 vor d. Ueberzug.
19	7	88	280	38.5	16.1	350 □Cent. behaart und freigelassen, d. übrige geschoren u. mit Gum. arab. überzogen.
20	7	56	200	38.5	16.0	Am 21. Sept. todt gefunden.
21	6	80	200	39.4	16.0	Kaninchen 19 intact.
22	7	96	210	39.3	16.0	390 □C. um d. Rumpf ringf. geschoren, m. G. arab. überz.
	10	90	200	39.3	16.0	Morgens 7 Uhr. Ueberzug erneuert.
	1	90	207	39.2	16.7	
	4	90	105	39.0	16.5	
	7	90	180	38.7	16.0	
23	7	94	176	38.9	16.0	
	10	100	220	39.1	16.0	
	1	97	215	39.4	16.0	
	4	95	236	39.5	16.0	
	7	98	240	39.4	16.0	Ueberzug erneuert.
24	7	112	250	39.5	16.0	
	10	109	246	39.2	17.2	
	1	115	237	39.3	18.0	
	4	112	232	39.1	17.0	
	7	104	238	39.1	16.0	
25	7	120	240	39.4	16.0	
	10	125	250	39.4	16.1	Leinölüberzug.
	1	116	240	39.4	17.2	
	4	116	225	39.0	16.5	
	7	116	230	39.0	16.0	
26	7	115	250	39.2	16.0	
	10	140	260	39.0	16.5	Leinölüberzug erneuert.
	1	120	252	39.2	18.4	
	4	125	255	39.2	17.9	
	7	130	257	39.1	16.0	
27	7	104	250	37.9	16.0	
	10	100	250	37.8	16.2	Ueberzug erneuert.
	1	90	250	37.7	17.0	
	4	80	250	37.7	16.5	
	7	80	250	37.6	16.0	Ueberzug erneuert.
25	5	120	180	39.0	16.0	Kaninchen 20 intact.
26	7	110	159	38.5	16.0	Ein geschorner Ring von 304 □Centim. mit Leinöl überzogen.

Septbr.	Stunden der Messung	Inspirationen	Pulsfrequenz	Temperatur des Mastd.	Temperatur des Zimmers	Bemerkungen
26	10	108	152	38.3	16.5	Ueberzug erneuert.
	1	92	162	38.1	18.4	
	4	96	200	38.2	17.9	
	7	100	224	38.6	16.0	
27	7	100	237	39.0	16.0	
	10	96	236	39.0	16.2	Ueberzug erneuert.
	1	100	240	39.0	17.0	
	4	100	256	39.1	16.5	
	7	110	280	39.2	16.0	Ueberzug erneuert.
28	7	100	215	39.2	16.0	
	10	98	206	39.3	16.0	
	1	100	207	39.4	16.7	
	4	95	200	39.4	16.2	
	7	86	200	38.6	16.0	Ueberzug erneuert.
29	7	90	200	39.0	16.0	
	10	90	200	39.0	16.5	
	1	90	200	39.0	17.2	
	4	86	200	38.7	16.7	
	7	86	200	38.6	16.0	
30	7	64	204	37.5	16.0	
	10	64	200	37.5	16.0	Ueberzug erneuert.
	1	64	200	37.5	17.2	
	4	62	200	37.4	16.6	
	7	60	190	37.3	16.1	
Octbr. 1*	7	48	167	33.6	16.0	
	10	48	160	33.9	16.5	
	1	47	160	35.5	18.4	
	4	44	240	37.3	17.2	
	7	41	235	37.0	16.3	
Spt. 25	6 U. 30'	130	138	39.5	16.0	Kaninchen 21 vor dem Ueberziehen. Abends Kopf, Ohren und Extremitäten geschoren und mit Leinöl überzogen.
26	7	104	220	38.5	16.0	Ueberzug erneuert.
	10	106	216	38.8	16.5	
	1	109	200	39.0	18.4	
	4	130	145	39.5	17.9	
	7	140	260	39.5	16.0	
27	7	80	320	39.6	16.0	
	10	79	315	39.7	16.2	Ueberzug erneuert.
	1	81	320	39.4	17.0	
	4	80	270	39.4	16.5	
	7	56	264	39.4	16.0	Ueberzug erneuert.
28	7	54	260	38.7	16.0	
	10	58	251	38.5	16.0	
	1	60	245	38.5	16.7	

Septbr.	Stunden der Messung	Inspirationen	Pulsfrequenz	Temperatur des Mastd.	Temperatur des Zimmers	Bemerkungen
28	4	65	230	38.5	16.2	
	7	64	228	38.2	16.0	Ueberzug erneuert.
17	7	100	200	39.5	16.0	Kaninchen 14 vor d. Ueberzug. 36 □Cent. mit Gummi überzogen. Ueberzug täglich erneuert.
22	7	92	240	39.2	16.0	
23	7	88	180	39.4	16.0	
24	7	100	180	39.6	16.0	
25	7	140	170	39.5	16.0	
26	7	160	240	39.2	16.0	
27	7	145	200	39.2	16.0	
28	7	140	200	39.2	16.0	
29	7	120	200	39.2	16.0	
30	7	130	200	39.2	16.0	
October 1	7	150	200	39.1	16.0	
2	7	150	200	39.1	16.0	
3	7	168	200	39.2	16.0	Das Thier lebt fort, ist wohl.
Septbr. 28	6 U. 30′	95	220	39.1	16.0	Kaninchen 22 vor d. Ueberzug.
29	7	97	195	39.2	16.0	
30	7	120	208	39.2	16.0	
October 1	7	120	200	39.1	16.0	
2	7	115	200	39.2	16.0	
3	7	120	219	39.2	16.0	
4	7	120	214	39.2	16.0	
5	7	150	280	39.2	16.0	
6	7	134	250	39.1	16.0	
7	7	120	220	39.2	16.0	Wird getödtet.
Septbr. 28	6 U. 45′	100	240	39.2	16.0	Kaninchen 23 vor d. Ueberzug.
29	7	96	240	39.2	16.0	
30	7	120	240	39.2	16.0	
October 1	7	160	200	39.6	16.0	
2	7	150	280	39.5	16.0	
3	7	176	276	39.5	16.0	
4	7	180	255	39.5	16.0	
5	7	180	256	39.5	16.0	
6	7	156	256	39.5	16.0	
7	7	154	254	39.4	16.0	
8	7	160	260	39.5	16.0	Wird getödtet.

Zur Lehre vom Gasumtausch in verschiedenen Organen.

Von

Dr. Sczelkow aus Charkow*).

(Hierzu Tafel II.)

Die Untersuchungen über die Respiration betrachteten bis jetzt den Gasumtausch des Körpers als ein Ganzes und suchten denselben sowohl für verschiedene Thiere als für verschiedene Lebensverhältnisse zu bestimmen; der ganze Gasumtausch des Körpers ist aber eine Grösse, welche aus mehreren Componenten besteht, da ja jedes Organ des Körpers einen Antheil an demselben hat.

Obwohl wir über den gesammten Gasumtausch des Körpers zahlreiche und vortreffliche Untersuchungen besitzen, so sind doch die Componenten desselben beinahe gar nicht bekannt. In der Absicht, mich über diesen wichtigen Gegenstand aufzuklären, unternahm ich eine Reihe von Versuchen, welche von mir in Herrn Professor Ludwig's Laboratorium und unter dessen gefälligster Mitwirkung ausgeführt worden sind. Da ich aber jetzt an der Fortsetzung dieser Arbeit verhindert bin, so erlaube ich mir die schon gewonnenen Ergebnisse in Folgendem mitzutheilen.

Unsere Versuche beziehen sich auf die Erforschung des Gasumtausches in den Muskeln. Bei dieser Untersuchung mussten wir zweierlei Fragen berücksichtigen: 1. die absolute Grösse des Gasumtausches in den Muskeln als Function der

---

*) Aus dem 45. Bande der Sitzungsberichte der Wiener Akademie vom Verf. zum Abdruck mitgetheilt.

Masse, der Anstrengung und der Ermüdung und 2. das Verhältniss des verbrauchten Sauerstoffes zu verschiedenen Oxydationen in seiner Abhängigkeit von der Muskelthätigkeit. Die genaue Beantwortung der ersten Frage bietet jedoch so grosse Schwierigkeiten, dass sie zur Zeit als unmöglich betrachtet werden kann und wir müssen uns hierbei mit blos ungefähren Schätzungen begnügen; in Bezug auf die zweite Frage ist eine genauere Lösung zu erreichen.

Die Methoden, wonach unsere Versuche angestellt wurden, sind folgende:

1. Bestimmung der Veränderungen, welche der gesammte Gasumtausch des Körpers erleidet durch die Unterbrechung oder Verminderung des Blutstromes in einer gewissen Masse von Muskelsubstanz.

2. Untersuchung der Veränderungen, welche der Gasgehalt des zu den Muskeln geführten Blutes erleidet.

3. Vergleichung des gesammten Gasumtausches des Körpers während der Muskelruhe mit demselben während der Muskelthätigkeit.

Diesen drei Methoden entsprechend lassen sich unsere Versuche in drei Reihen ordnen.

Erste Versuchsreihe.

Einwirkung der Aorten-Compression auf den gesammten Gasumtausch des Körpers.

Die erste Methode bestand, wie wir oben gesagt haben, in der Unterbrechung des Blutstromes in einer grossen Masse von Muskelsubstanz. Wir wählten dazu die Compression des unteren Endes der Aorta, vor ihrer Theilung in die Arteriae iliacae; dadurch hofften wir den Blutstrom in den hinteren Extremitäten zu unterbrechen und auf diese Weise die Musculatur derselben ausser Wirkung auf den ganzen Gasumtausch zu setzen. Aus der Veränderung dieses letzteren wollten wir dann den Antheil bestimmen, welchen die Muskelmassen der hinteren Extremitäten an dem ganzen Gasumtausche nehmen.

Der Versuch selbst bestand in Folgendem: es wurde zunächst bei einem Kaninchen während einer bekannten Zeit die Menge des eingenommenen Sauerstoffes und der ausgeschiedenen Kohlensäure bestimmt; gleich darauf wurden dieselben Bestimmungen wiederholt, blos mit dem Unterschiede, dass während des Versuches der Blutstrom in den Hinter-

beinen durch Compression der Bauch-Aorta unterbroch wurde.

Der physiologische Erfolg eines solchen Versuches ka ein verschiedener sein. — Bleibt während der Compressi der Aorta, resp. während der Ausschaltung der hinteren Gli massen aus dem Blutstrom die Athmung in allen übrigen O ganen unverändert, dann ist der Unterschied der Gasmenge welche in zwei zu einander gehörigen Versuchen gefund wurden, das Mass für die Athmung der genannten Extrem täten. Da aber unter ihren Bestandtheilen die Muskeln mut masslich weitaus am lebhaftesten athmen, so lassen dann di Versuche auch einen Schluss auf die Muskelathmung zu. — Es kann sich aber auch während der Absperrung der Aort die Athmung in den andern Organen mehren, entsprechen der Umgestaltung ihres Blutstroms. Dann kann unser Versuch nur insofern einen Beitrag zur gewünschten Aufklärung geben als sich in den beiden Bestimmungen das Verhältniss O zur CO_2 geändert hat.

Der Respirations-Apparat, welcher uns bei diesen Versuchen diente, bestand aus zwei Gasometern, der eine enthielt die Luft, welche das Kaninchen einathmen sollte, in dem anderen wurde die ausgeathmete Luft gesammelt. Der erstere ist in der dritten Versuchsreihe als Inspirationsgasometer genau beschrieben, der zweite war ein Döbereiner'scher Quecksilbergasometer.

Die beiden, möglichst genau kalibrirten Gasometer standen mit einander mittelst eines Kautschukschlauches in Verbindung, in welchem Wasserventile eingeschaltet waren, um die Ein- von der Ausathmungsluft zu trennen; die Ventile waren nach demselben Princip construirt wie die Quecksilberventile, welche W. Müller*) schon angewendet hat.

Da die in das Quecksilber tauchende Glasglocke des Exspirationsgasometers in Folge ihres geringeren specifischen Gewichtes mit grosser Kraft emporgetrieben wurde, so musste man dieselbe mit den Händen so stark niederhalten, als nöthig war, um das Kaninchen in den Gasometer ohne Beschwerden athmen zu lassen, eine Operation, welche eine geübte Hand erfordert.

Die Verbindung des Thieres mit dem Apparate wurde zur Vermeidung der Trachealfistel auf folgende Weise bewerkstelligt: man führte dem Kaninchen durch die Nasenlöcher

*) Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Classe der kaiserl. Akademie der Wissenschaften. Bd. XXXIII, S. 99.

wei cylindrische Neusilberröhrchen in die Nasenhöhlen und nd dann die Nase auf denselben fest; die Mundöffnung urde mit Baumwolle bedeckt und der Unterkiefer an den berkiefer fixirt. Die Erfahrung hat uns nämlich gelehrt, ss die Kaninchen nur durch die Nase athmen und dass, enn sie auf diese Weise mit Canülen versehen sind, die uft durch die Mundöffnung weder ein- noch ausgeathmet ird, wie man sich leicht überzeugen kann, wenn man den Kopf des Thieres unter Wasser taucht.

Die Nasencanülen wurden ihrerseits durch passende Kautschukröhrchen mit einer weiten Canüle verbunden, welche mit den Wasserventilen und durch letztere mit den Gasometern in Verbindung gebracht werden konnte.

Die Aorten-Compression wird in unseren Versuchen mittelst einer besonderen Klemme ausgeführt, wodurch man jede Verletzung des Thieres vermeidet; die Klemme (Fig. 1) besteht aus zwei durch ein Charnier verbundenen Armen: einer derselben ist geradlinig und trägt an seinem Ende eine Metallrinne (*a*), der andere ist gebogen und an seinem Ende mit einem mit Kautschuk überzogenen Knopfe (*b*) versehen, welcher in dieMitte der Blechrinne passt; eine Schraube (*c*) ermöglicht die Annäherung der beiden Arme.



Diese Klemme wird an das Thier so applicirt, dass man die Metallrinne an die Wirbelsäule, den Knopf aber an die vordere Bauchwand auflegt, und zwar so, dass derselbe beim Zusammenschrauben der Arme in die Vertiefung zwischen den Mm. Psoades zu liegen kömmt. Ist die Schraube genügend angezogen, so hört die Pulsation in der Art. cruralis augenblicklich auf, und aus der angestochenen Arterie fliesst nur noch ein Minimum von Blut. Nach einigen Minuten sind die unteren Extremitäten gelähmt.

Die Gasanalysen wurden nach den bekannten Bunsen'schen Methoden ausgeführt und den Berechnungen der Versuchsergebnisse wurde folgende Zusammensetzung von 100 Th. atmosphärischer Luft zu Grunde gelegt:

$$CO^2 = 0.050,\ O = 20.953,\ N = 78.997.$$

Erster Versuch.

Grosses braunes Kaninchen, in den letzten 12 Stunden mit Milch und Semmel gefüttert*); 1510 Gramm schwer, Hinterbeine sammt Becken = 467 Gramm.

Vor der Aorten-Compression. Versuchsdauer 17 Min. ($11^h\ 2^m$ — $11^h\ 19^m$); temper. ani am Ende des Versuches $39^0.1$ C; Athemzüge 41 in der Minute.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0^0 u. 1 M.	
Inspir. Luft . . .	15.5	0.7234	9200.0	6298.0	
Exspir. „ . .	16.8	0.7190	9158.9	6204.4	
		Apsorptionsrohr H.			
Anfangsvol. . .	13.9	0.7364	44.096	30.904	$CO^2 = 3.200$ %
Nach CO^2 absorpt.	15.0	0.7567	41.704	29.915	
		Apsorptionsrohr D.			
Anfangsvol. . .	13.9	0.7401	35.721	25.159	$CO^2 = 3.259$ %
Nach CO^2 absorpt.	15.0	0.7591	33.823	24.339	
		Eudiometer E.			
Anfangsvol. . .	14.0	0.5928	29.424	16.593	O = 18.104 %
Nach H-Zusatz .	14.4	0.6794	42.930	27.709	
„ Verpuffung .	14.8	0.6101	32.293	18.690	
		Eudiometer L.			
Anfangsvol. . .	14.0	0.5568	55.308	29.295	O = 18.023 %
Nach H-Zusatz .	14.4	0.6904	76.494	50.172	
„ Verpuffung .	14.8	0.5923	61.080	34.320	

$CO^2 = 3.230$
O = 17.480
N = 79.290

	CO^2	O	N
6298.0 Cub.-Cent. inspir. Luft enthalten:	3.2	1319.6	4975.2
6204.4 „ „ expir. „ „	200.4	1084.5	4919.5

Auf 1 Min. kommt

$CO^2 = + 11.603$
O = — 13.829

Das Verhältniss der ausgeschiedenen CO^2 zum absorbirten O (Q) = 0.839.

Während der Aorten-Compression (Anfang der Compression $11^h\ 54^1/_2{}^m$).

---

*) Um die Kohlensäureänderungen in Folge von verschiedener Zusammensetzung der aufgenommenen Nahrung zu beseitigen, wurden alle zu den Versuchen bestimmten Kaninchen sowohl in dieser als auch in der dritten Versuchsreihe wenigstens 12 Stunden vor dem Versuche ausschliesslich mit Milch und Semmel gefüttert.

a) Versuchsdauer 15 Min. (von $11^h\ 59^m$ — $12^h\ 14^m$); temper. ani $38^0.3$; Athemzüge 50.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. C^0 u. 1 M.	
Inspir. Luft . .	15.9	0.7225	9400.0	6418.6	
Exspir. „ . . .	16.5	0.7195	9331.1	6331.7	
Absorptionsrohr IV.					
Anfangsvol. . .	14.1	0.7373	44.877	31.465	$CO^2 = 2.311$ %
Nach CO^2 absorpt.	15.1	0.7553	42.947	30.738	
Absorptionsrohr L.					
Anfangsvol. . .	14.1	0.7408	38.000	26.770	$CO^2 = 2.439$ %
Nach CO^2 absorpt.	15.1	0.7580	36.360	26.117	
Eudiometer E.					
Anfangsvol. . .	15.1	0.6603	40.181	25.143	O = 16.979 %
Nach H-Zusatz .	15.3	0.7540	55.665	39.746	
„ Verpuffung .	15.3	8.6585	40.892	26.928	
Eudiometer L.					
Anfangsvol. . .	15.1	0.5291	50.977	25.560	O = 16.985 %
Nach H-Zusatz .	15.3	0.6295	67.773	40.401	
„ Verpuffung .	15.3	0.5281	51.830	27.372	

Die exspirirte Luft enthält in 100 Vol.

$CO^2 = 2.375$
O = 16.582
N = 81.043

	CO^2	O	N
6418.6 Cub.-Cent. inspir. Luft enthalten:	3.2	1344.9	5070.5
1331.7 „ „ exspir. „ „	150.4	1050.6	5131.3

Auf 1 Min. kommt:

$CO^2 = +\ 9.811$
$O = -\ 19.660$ Q = 0.499

b) Während des Versuches die Hinterbeine vollkommen gelähmt. Versuchsdauer = $12^1/_2$ Min. (von $2^h\ 2^m$ — $2^h\ 4^1/_2{}^m$)*); temper. ani $34^0.6$, am Ende des Versuches $34^0.3$; Athemzüge 24 (Verstopfung der Nasencanülen mit Schleim).

	Temp.	Druck im M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. O^0 u. 1 M.	
Inspir. Luft . . .	17.6	0.7205	6100.0	4129.2	
Exspir. „ . . .	17.4	0.7124	6027.1	4036.8	
Absorptionsrohr G.					
Anfangsvol. . . .	14.0	0.7414	34.513	24.341	$CO^2 = 2.905$%
Nach CO^2 absorpt. .	15.3	0.7436	33.563	23.634	

*) Seit dem ersten Versuche (a) blieb die Aorta fortwährend comprimirt.

Absorptionsrohr F.

	Temp.	Druck. in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. C⁰ u. 1 M.	
Anfangsvol. . . .	14.0	0.7421	42.144	29.751	CO^2 = 2.995%
Nach CO^2 absorpt.	15.3	0.7481	40.737	28.860	

Eudiometer E.

Anfangsvol. . . .	13.0	0.5724	26.400	14.426	O = 17.677%
Nach H-Zusatz . .	13.6	0.6559	39.265	24.533	
„ Verpuffung .	14.0	0.5961	29.760	16.876	

Eudiometer L.

Anfangsvol. . . .	13.0	0.4228	34.054	13.746	O = 17.788%
Nach H-Zusatz . .	13.6	0.5010	46.120	22.011	
„ Verpuffung .	14.0	0.4346	35.487	14.671	

100 Vol. exspir. Luft enthalten:

CO^2 — 2.950
O — 17.210
N — 79.840

	CO^2	O	N
4129.2 Cub.-Cent. inspir. Luft enthalten:	2.1	865.2	3261.9
4036.8 „ „ exspir. „ „	119.1	694.7	3223.0

Auf 1 Min. kommt:

CO^2 = + 9.362
O = — 13.638 Q = 0.687

Nach Eröffnung von Aorta (2^h $16^1/_2{}^m$).

Die Pulsationen der Artt. crurales stellen sich sogleich ein. Versuchsdauer = 17 Min. (von 2^h 32^m — 2^h 49^m), temper. ani 37⁰.3, 37⁰.6, 37⁰.7; Athemzüge 36.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol, in CbC.	Vol. b. O⁰ u. 1 M.
Inspir. Luft . . .	17.7	0.7202	9650.0	6527.4
Exspir. „ . . .	18.9	0.7169	9550.0	6403.7

Absorptionsrohr K.

Anfangsvol. . . .	14.4	0.7421	35.954	25.348	CO_2 = 2.655%
Nach CO^2 absorpt. .	15.0	0.7467	34.859	24.675	

Absorptionsrohr O.

Anfangsvol. . . .	14.4	0.7450	31.367	22.200	CO^2 = 2.617%
Nach CO^2 absorpt. .	15.0	0.7505	30.388	21.619	

Eudiometer E.

Anfangsvol. . . .	14.5	0.6336	35.377	21.284	O = 18.079%
Nach H-Zusatz . .	14.6	0.7234	49.071	33.698	
„ Verpuffung .	14.8	0.6414	36.395	22.145	

Eudiometer L.

Anfangsvol. . . .	14.5	0.5216	49.064	24.300	O = 18.132 %
Nach H-Zusatz . .	14.6	0.6131	63.309	36.848	
„ Verpuffung .	14.8	0.5171	48.152	23.621	

100 Vol. exspir. Luft enthalten:

$CO^2 = 2.636$
$O = 17.629$
$N = 79.735$

	CO^2	O	N
6527.4 Cub.-Cent. inspir. Luft enthalten:	3.3	1367.7	5156.4
6403.7 „ „ exspir. „ „	168.8	1128.9	5106.0

Auf 1 Minute kommt:

$CO^2 = + 9.737$
$O = - 14.047$ $Q = 0.693$

Nach Beendigung des Versuches blieben die Beine noch immer gelähmt; die Lähmung bestand auch noch den andern Tag um 10 Uhr früh. Die dem Willenseinflusse entzogenen Muskeln waren jedoch sowohl für directe als indirecte (vom N. ischiadicus aus) Reizung, selbst bei sehr schwachen Inductionsschlägen reizbar. Die Section zeigte eine geringe Blutsuffusion und etwas Oedem in den Mm. psoades; das Rückenmark vollkommen normal.

Zweiter Versuch.

Grosses weisses Kaninchen, 1691 Grm. schwer, Hinterbeine sammt Becken 415.5 Grm.

Vor Aortencompression. Versuchsdauer 12 Min. (von $10^h 33^m$ — $10^h 45^m$), temper. ani = $39^0.6$; $39^0.7$; in der Achselhöhle = $38^0.9$; Athemzüge 60.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0^0 u. 1 M.	
Inspir. Luft . .	18.5	0.7331	10225.0	7016.9	
Exspir. „ . . .	19.0	0.7326	10050.0	6883.4	
Absorptionsrohr F.					
Anfangsvol. . . .	15.0	0.7427	43.129	30.365	$CO^2 = 1.956\%$
Nach CO^2 absorpt.	16.1	0.7644	41.240	29.771	
Absorptionsrohr G.					
Anfangsvol. . . .	15.0	0.7503	37.781	26.872	$CO^2 = 2.095\%$
Nach CO^2 absorbt.	16.1	0.7603	36.641	26.309	

Auf 1 Min. kommt: $CO^2 = + 11.621$ Cub.-Cent.

Während der Aortencompression. Versuchsdauer 5 Min. (von $11^h 55^m$ — $12^h 0^m$), Aorta comprimirt um $11^h 54^m$; temper. ani $39^0.3$, in der Achselhöhle $39^0.0$; Athemzüge 136.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0^0 u. 1 M.
Inspir. Luft . .	18.8	0.7326	6700.0	4592.1
Exspir. „ . . .	18.9	0.7322	6775.5	4639.6

Absorptionsrohr L.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Anfangsvol. . . .	15.4	0.7496	37.460	26.582	$CO^2 = 1.606\%$
Nach CO^2 absorpt. .	16.6	0.7556	36.720	26.155	

Absorptionsrohr D.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Anfangsvol. . . .	15.4	0.7490	32.831	23.278	$CO^2 = 1.581\%$
Nach CO^2 absorpt. .	16.6	0.7559	32.147	22.910	

Auf 1 Min. kommt: $CO^2 = + 14.791$ Cub.-Cent.

Nach Eröffnung der Aorta ($12^h\ 2^m$). Versuchsdauer $2^1/_2$ M. (von $12^h\ 2^m$ — $12^h\ 4^1/_2{}^m$); temper. ani 38°.6; Athemzüge 55.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.
Inspir. Luft . . .	18.8	0.7326	5150.0	3529.7
Exspir. „ . . .	19.0	0.7321	5250.0	3593.3

Absorptionsrohr O.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Anfangsvol. . . .	15.8	0.7485	28.329	20.045	$CO^2 = 1.901\%$
Nach CO^2 absorpt. .	17.5	0.7578	27.610	19.664	

Absorptionsrohr K.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Anfangsvol. . . .	15.8	0.7491	34.247	24.252	$CO^2 = 1.926\%$
Nach CO^2 absorbt. .	17.5	0.7597	33.314	23.785	

Auf 1 Min. kommt: $CO^2 = + 27.510$ Cub.-Cent.

Dritter Versuch.

Kleines schwarzes Kaninchen; eine Viertelstunde nach Entfernung der Klemme erholt sich das gelähmte Thier vollständig. Dieser Versuch wurde von mir zur Feststellung der Genauigkeitsgrenze benützt, welche die Bunsen'sche Absorptionsmethode für die Kohlensäurebestimmung erreichen kann. Jede Exspirationsluft wurde zweimal (jedesmal doppelt) analysirt und alle Volumsbestimmungen aus mehreren Ablesungen berechnet. Trotz aller Sorgfalt weichen jedoch die Resultate einzelner Analysen bis um 0.1% ab.

Vor Aortencompression. Versuchsdauer = 8 Min. (von $11^h\ 56^m$ — $12^h\ 4^m$); temper. ani 38°.9.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.
Inspir. Luft . .	21.1	0.7302	10937.7	7414.2
Exspir. „ . . .	24.0	0.7266	11000.0	7347.5

Absorptionsrohr H.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.		
Anfangsvol.	14.6	0.7467	41.038	29.090	29.080	CO^2 = 0.812%
	15.0	0.7466	41.080	29.075		
	15.4	0.7465	41.142	29.074		
Nach CO^2 absorpt.	17.6	0.7608	40.331	28.828	28.844	
	18.0	0.7603	40.456	28.859		

Absorptionsrohr J.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.		
Anfangsvol.	14.6	0.7534	40.236	28.778	28.765	CO^2 = 0.810%
	15.0	0.7532	40.278	28.759		
	15.4	0.7531	40.339	28.759		
Nach CO^2 absorpt.	17.6	0.7646	39.683	28.508	28.532	
	18.0	0.7642	39.826	28.556		

Absorptionsrohr VI.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.		
Anfangsvol.	15.7	0.7446	41.690	29.358	29.336	CO^2 = 0.828%
	16.0	0.7441	41.732	29.335		
	16.1	0.7438	41.732	29.314		
Nach CO^2 absorpt.	18.0	0.7662	40.475	29.094	29.093	
	18.1	0.7664	40.475	29.091		

Absorptionsrohr L.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.		
Anfangsvol.	15.7	0.7526	41.747	29.714	29.714	CO^2 = 0.845%
	16.0	0.7523	41.826	29.725		
	16.1	0.7520	41.826	29.704		
Nach CO^2 absorpt.	18.0	0.7670	40.935	29.455	29.463	
	18.1	0.7673	40.955	29.471		

Eudiometer E.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Anfangsvol. . . .	14.8	0.6577	38.917	24.281	O = 10.946%
Nach H-Zusatz	15.0	0.7551	53.743	38.469	
„ Verpuffung	15.1	0.6553	38.538	23.932	

Eudiometer L.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Anfangsvol. . . .	14.8	0.5583	54.761	29.003	O = 19.998%
Nach H-Zusatz.	15.0	0.6715	72.502	46.151	
„ Verpuffung	15.1	0.5566	54.487	28.740	

100 Vol. exspir. Luft enthalten:

CO^2 = 0.824
O = 19.808
N = 79.368

	CO^2	O	N
7414.2 Cub.-Cent. inspir. Luft enthalten:	3.7	1553.5	5857.0
7347.3 „ „ exspir. „ „	60.5	1455.4	5861.6

Auf 1 Min. kommt:

CO^2 = + 7.105 Cub.-Cent.
O = — 12.263 „ „
Q = 0.579

W ä h r e n d d e r A o r t e n c o m p r e s s i o n. Versuchsdauer = 7 Min. (von $1^h\ 1^m$ — $1^h\ 8^m$); Athemzüge 86.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. Cb0 u. 1 M.		
Inspir. Luft. .	21.0	0.7306	10937.7	7420.8		
Exspir. „ . .	23.5	0.7276	10950.0	7336.0		

Absorptionsrohr F.

Anfangsvol. .	17.7	0.7450	41.742	29.204	29.183	$CO^2 = 0.713\%$
	18.0	0.7449	41.742	29.170		
	18.1	0 7449	41.762	29.174		
Nach CO^2 absorpt.	16.2	0.7648	40.134	28.975	28.975	
	16.4	0.7649	40.154	28.974		

Absorptionsrohr C.

Aufangsvol. .	17.7	0.7435	37.288	25.035	26.025	$CO^2 = 0.599\%$
	18.0	0.7434	37.307	26.018		
	18.1	0.7434	37.326	26.023		
Nach CO^2 absorbt.	16.2	0.7665	35.752	25.870	55.869	
	16.4	0.7666	35.771	25.868		

Absorptionsrohr K.

Anfangsvol. .	18.3	0.7485	33.748	23.675	23.670	$CO^2 = 0.701\%$
	18.3	0.7483	33.748	23.699		
	18.4	0.7485	33.748	23.666		
Nach CO^2 absorpt.	17.0	0.7587	32.911	23.508	23.504	
	17.0	0.7585	32.927	23.513		
	16.6	0.7620	32.702	23.491		

Absorptionsrohr D.

Anfangsvol. .	18.3	0.7492	34.199	24.013	24.008	$CO^2 = 0.617\%$
	18.3	0.7490	34.199	24.007		
	18.4	0.7492	34.199	24.005		
Nach CO^2 absorpt.	17.0	0.7611	33.307	23.866	23.860	
	17.0	0.7612	33.327	23.884		
	16.6	0.7660	33.002	23.831		

Eudiometer E.

Anfangsvol. . .	15.4	0.6444	37.317	22.764	O = 20.080 %
Nach H-Zusatz .	15.6	0.7286	50.201	34.600	
„ Verpuffung	15.7	0.6303	35.028	20.879	

Eudiometer L.

Anfangsvol. . .	15.4	0.5509	54.020	28.171	O = 20.804 %
Nach H-Zusatz .	15.6	0.6653	71.987	45.304	
„ Verpuffung	15.7	0.5524	54.213	28.320	

100 Vol. exspir. Luft enthalten:

$CO^2 = 0.658$
O = 19.950
N = 79.329

	CO^2	O	N
7420.8 Cub.-Cent. inspir. Luft enthalten:	3.7	1554.9	5862.2
7336.0 „ „ exspir. „ „	48.3	1463.5	5824.2

Auf 1 Min. kommt:

$$\begin{matrix} CO^2 = + \ 6.366 \\ O = - \ 13.057 \end{matrix} \quad Q = 0.488.$$

Vierter Versuch.

Kleines schwarzes Kaninchen; die Lähmung der Hinterbeine verschwindet eine Viertelstunde nach Beendigung des Versuches.

Vor Aortencompression. Versuchsdauer 11 Min. (von $10^h 53^m$ — $11^h 4^m$); temper. ani $40^0.1$; Athemzüge 60.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0^0 u. 1 M.		
Inspir. Luft .	21.3	0.7222	10050.0	6732.7		
Exspir. „ .	23.9	0.7170	10018.7	6603.6	6608.2 Cub.-Cent.	
	23.8	0.7170	10025.9	6612.7		
Absorptionsrohr F.						
Anfangsvol. .	18.1	0.7301	39.390	26.970	26.969	CO^2 = 1.706%
	18.5	0.7299	39.451	26.967		
Nach CO^2 absorpt.	17.9	0.7492	37.699	26.506	26.509	
	18.0	0.7492	37.719	26.511		
Absorptionsrohr C.						
Anfangsvol. .	18.1	0.7267	35.598	24.261	24.247	CO^2 = 1.650%
	18.5	0.7261	35.637	24.233		
Nach CO^2 absorpt.	17.9	0.7557	33.621	23.844	23.847	
	18.0	0.7557	33.640	23.850		
Eudiometer C.						
Anfangsvol. .	17.6	0.5683	26.496	14.146	O = 18.967 %	
Nach H-Zusatz	17.8	0.6383	38.459	23.047		
„ Verpuffung	17.9	0.5695	28.048	14.992		
Eudiometer L.						
Anfangsvol. .	17.6	0.5291	51.895	25.795	O = 19.077 %	
Nach H-Zusatz	17.8	0.6287	68.589	40.485		
„ Verpuffung	17.9	0.5235	52.330	25.712		

100 Vol. exspir. Luft enthalten:

CO^2 = 1.768
O = 18.703
N = 79.619

	CO^2	O	N
6732.7 Cub.-Cent. inspir. Luft enthalten:	3.4	1410.7	5318.6
6608.2 „ „ exspir. „ „	110.9	1235.9	5261.4

Auf 1 Min.: CO^2 = + 9.774 Cub.-Cent.
O = — 15.891 „ „
Q = 0.615

Während der Aorten-Compression. Versuchsdauer = 10 Min. (von $11^h 45^m$ — $11^h 55^m$); temper. ani $40^0.1$ (am Anfang des Versuches); Athemzüge 68. Während des Versuches heftige krampfhafte Bewegungen.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0^0 u. 1 M.
Inspir. Luft .	20.9	0.7226	10053.0	6748.4
Exspir. „ .	23.9	0.7175	10112.5	6671.6

Absorptionsrohr VI.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.		
Anfangsvol. .	18.7	0.7319	43.606	29.869	29.870	$CO^2 = 3.040\%$
	18.8	0.7315	43.647	29.870		
Nach CO^2 absorpt.	17.5	0.7418	41.546	28.964	28.962	
	17.7	0.7418	41.567	28.959		

Absorptionsrohr L.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.		
Anfangsvol. .	18.7	0.7362	40.638	27.999	28.000	$CO^2 = 2.961\%$
	18.8	0.7358	40.678	28.000		
Nach CO^2 absorpt.	17.5	0.7464	38.737	27.173	27.171	
	17.7	0.7464	38.757	27.168		

Eudiometer E.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Anfangsvol. .	17.3	0.6157	34.567	20.016	O = 18.945 %
Nach H-Zusatz	17.4	0.7416	57.871	40.350	
„ Verpuffung	17.7	0.6846	45.052	28.964	

Eudiometer L.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Anfangsvol. .	17.3	0.5256	51.991	25.700	O = 18.965 %
Nach H-Zusatz	17.4	0.6384	69.325	41.689	
„ Verpuffung	17.7	0.5379	53.408	26.978	

100 Vol. exspir. Luft enthalten:

$CO^2 = 3.000$
O = 18.386
N = 78.614

		C^2	O	N
6748.4	Cub.-Cent. inspir. Luft enthalten:	3.4	1414.0	5331.0
6671.6	„ „ exspir. „ „	200.2	1226.6	5244.8

Auf 1 Min.: $CO^2 = + 19.678$, $O = - 18.740$; Q = 1.050.

Fünfter Versuch.

Grosses weisses Kaninchen.

Vor Aortencompression. Versuchsdauer = 7 Min. (von $10^h\,1^m - 10^h\,8^m$); temper. ani 40°.4; Athemzüge 68.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.
Inspir. Luft . .	19.3	0.7209	10055.0	6770.7
Exspir. „ . .	21.4	0.7197	10062.5	6715.5

Absorptionsrohr Z.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Anfangsvol. . .	14.5	0.7188	38.471	26.255	$CO^2 = 2.998\%$
Nach CO^2 absorpt.	16.4	0.7355	36.707	25.468	

Absorptionsrohr P.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Anfangsvol. . .	14.5	0.7381	40.341	28.034	$CO^2 = 2.918\%$
Nach CO^2 absorpt.	16.4	0.7458	38.685	27.216	

Eudiometer E.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Anfangsvol. . .	16.0	0.6262	34.916	20.656	
Nach H-Zusatz .	16.1	0.7244	49.919	34.151	O = 18.479 %
„ Verpuffung	16.2	0.6436	37.349	22.692	

Eudiometer L.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Anfangsvol. . .	16.0	0.5191	49.480	24.266	
Nach H-Zusatz .	16.1	0.6394	68.269	41.224	O = 18.470 %
„ Verpuffung	16.2	0.5473	53.746	27.769	

100 Vol. Luft enthalten:

CO^2 = 2.958
O = 17.928
N = 79.114

	CO^2	O	N
6770.7 Cub.-Cent. inspir. Luft enthalten:	3.4	1418.7	5348.6
6715.5 „ „ exspir. „ „	198.7	1204.0	5312.8

Auf 1 Min.: $CO^2 = + 27.895$, $O = - 30.671$, Q = 0.910.

Während der Aortencompression ($10^h 58^1/_2{}^m$). Einige Bewegungen während des Versuches; Versuchsdauer $7^1/_2$ Min. (von $10^h 59^m - 11^h 6^1/_2{}^m$); temper. ani 40°.0; Athemzüge 64.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.
Inspir. Luft . .	19.1	0.7187	10280.0	6904.8
Exspir. „ . .	20.0	0.7222	10312.5	6939.7

Absorptionsrohr J.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Anfangsvol. . .	14.9	0.7368	40.913	28.586	CO^2 = 2.571 %
Nach CO^2 absorpt.	16.2	0.7547	39.089	27.851	

Absorptionsrohr H.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Anfangsvol. . .	14.9	0.7348	41.496	28.915	CO^2 = 2.763 %
Nach CO^2 absorpt.	16.2	0.7538	39.520	28.124	

Eudiometer L.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Anfangsvol. . .	16.2	0.4550	38.631	16.592	
Nach H-Zusatz .	16.1	0.5490	53.553	27.762	O = 19.383 %
„ Verpuffung	16.0	0.4691	40.866	18.108	

100 Vol. exspirirte Luft enthalten:

CO^2 = 2.654
O = 18.869
N = 78.477

	CO^2	O	N
6904.8 Cub.-Cent. inspir. Luft enthalten:	3.5	1446.8	5454.5
6939.7 „ „ exspir. „ „	184.2	1309.5	5446.0

Auf 1 Min.: $CO^2 = + 24.097$, $O = - 18.307$, Q = 1.316.

Folgende Tabelle enthält die Ergebnisse dieser Versuchsreihe zusammengestellt:

	1. Versuch.			2. Versuch.	
	vor	während		vor	während
		a.	b.		
Temperat. ani in °C. . .	39.1	38.3	34.6; 34.3	39.7	39.3
Compressionsdauer in Min.	.	19.5 m	140 m	.	6 m
Athemzüge in der Min. .	41	50	24	60	136
Ausgesch. CO^2 in C. C. pr. Min.	11.603	9.811	9.362	11.621	14.791
Eingenommener O „ „	13.829	19.660	13.638	.	.
$Q = \frac{CO^2}{O}$	0.839	0.499	0.687	.	.

	3. Versuch.		4. Versuch.		5. Versuch.	
	vor	während	vor	während	vor	während
Temperat. ani in °C. . .	38.9	.	40.1	40.1	40.4	40.0
Compressionsdauer in Min.	.	7 m.	.	10 m.	.	8 m.
Athemzüge in der Min. .	.	86	60	68	68	64
Ausgesch. CO^2 in C. C. pr. Min.	7.105	6.366	9.774	19.678	27.895	24.097
Eingenommener O „ „	12.263	13.057	15.891	18.740	30.671	18.307
$Q = \frac{CO^2}{O}$	0.579	0.488	0.615	0.615	0.910	1.316

Vor der Besprechung dieser Zahlen muss daran erinnert werden, dass die ersten drei Thiere vor und während der Aortencompression ganz ruhig lagen; die Thiere 4 und 5 führten dagegen in dem zweiten Zeitraum des Versuches Bewegungen mit dem Oberkörper aus, die insbesondere beim 4. Thier sehr lebhaft waren. Bei den beiden Thieren unterschied sich also der Zustand während der Aortencompression von dem vor derselben, abgesehen von der Stromhemmung, auch noch durch einen anderen auf den Gasumtausch wirksamen Umstand.

Die Betrachtung der Tabelle ergiebt folgende Resultate:

1. Die Kohlensäureabscheidung ist in drei Fällen unter fünf vermindert (Vers. 1, 3, 5); die Verminderung betrug 15.4 %, 10.4 % und 13.6 % der ursprünglichen Menge. In den zwei übrigen Versuchen (2 und 4) stieg dieselbe nach der Aortencompression; einmal um 27.3 %, das andere Mal um 101.3 %. Diese bedeutende Vermehrung der C_2O in 4. erklärt sich, wie später nachgewiesen wird, aus den krampfhaften Bewegungen des Thieres.

Die Verminderung der ausgeschiedenen Kohlensäure scheint von der Dauer der Compression abhängig zu sein; dies bemerkt man, wenn man die Versuche nach der Compressions-Dauer ordnet:

Versuchsnummer	Compressionsdauer in Min.	Verminderung der CO^2 in %
3	7	10.4
5	8	13.6
1 a	19½	15.4
1 b	140	19.3

2. Noch weniger constant ist der Einfluss der Aortencompression auf die Menge des eingenommenen Sauerstoffs: in drei Versuchen (1 a, 3, 4) wurde eine Vergrösserung in der Menge desselben, in zwei anderen (5, 1 b) eine Verminderung beobachtet.

Folgende Zusammenstellung zeigt ausserdem, dass die Veränderung der Sauerstoffeinnahme in keinem constanten Verhältniss zu derjenigen der Kohlensäureausscheidung steht:

Versuch	Compressionsdauer in Min.	Vermehrung in % CO^2	Vermehrung in % O
1 a	19½	— 15.4	+ 10.9
1 b	140	— 19.3	— 1.4
3	7	— 10.4	+ 6.5
4	10	+ 101.3	+ 17.9
5	8	— 13.6	— 40.3

Ebensowenig ist ein constantes Verhältniss zu finden zwischen der Compressionsdauer und der Veränderung in der Sauerstoffeinnahme.

3. Die Veränderung des Verhältnisses von ausgeschiedener Kohlensäure zum absorbirten Sauerstoff ist auch keine constante: dreimal wurde der Quotient $\frac{CO^2}{O}$ während der Aortencompression kleiner (Vers. 1 a, 1 b, 3), zweimal dagegen grösser (4, 5) und überstieg dabei den Werth einer Einheit; mit andern Worten, es wurde während der Versuchszeit in Form von Kohlensäure mehr Sauerstoff abgeschieden als in derselben Zeit eingenommen. Es verdient bemerkt zu werden, dass dieser Werth unseres Quotienten aus einer Zeit stammt, in welcher sich die Thiere bewegten.

So hat diese Versuchsreihe zu dem unerwarteten, aber gewiss sehr interessanten Resultat geführt, dass die Compression eines grossen Gefässes keine constante Verminderung in dem Gasverkehr des Körpers bedingt; da es aber unzweifelhaft ist, dass durch dieselbe ein $^1/_4$ — $^1/_3$ der ganzen Körpermasse seinen Einfluss auf die Respiration zum grössten Theil einbüsst, so müssen irgend welche Bedingungen vorhanden sein, welche die Einwirkung der Compression aufzuheben oder selbst zu übercompensiren im Stande sind.

Da die Compensation namentlich für den Sauerstoff auch in den Fällen eintrat, in welchen keine Muskelbewegungen

während des Aortenschlusses bemerkt wurden, so muss man annehmen, dass durch denselben alle oder einige der übrigen Organe zu lebhafterer Athmung veranlasst wurden. Da sich mit der Unterbrechung des Stromes in der Aorta die Geschwindigkeit und Spannung des Blutumlaufes in den übrigen Körpermassen steigert, so könnte man geneigt sein, die Erhöhung ihrer respiratorischen Thätigkeit damit in Beziehung zu bringen. Dieser Annahme steht aber die bekannte Thatsache im Wege, dass auch beim langsamen Strom das Venenblut noch verwendbaren O enthält. Vielleicht ist aber die grössere Spannung und die dadurch ausgedehntere Berührungsfläche zwischen Blut und Organen von Wirksamkeit gewesen? In Anbetracht des Umstandes, dass die Aenderung der Blutvertheilung ein normaler Vorgang ist, verdient der Versuch noch eine weitere Zergliederung. — Da sie aber unser nächster Zweck nicht forderte, so liessen wir sie für diesmal fallen.

Zweite Versuchsreihe.

Bekanntlich sind die Vorgänge des Gasumtausches in den Muskeln quantitativ bis jetzt noch wenig erforscht; Valentin ist der einzige, welcher über diesen Gegenstand directe und genaue Versuche unternommen hat, indem er die Veränderung eines bekannten Luftvolumens durch ausgeschnittene, in demselben befindliche Froschmuskeln untersuchte. Die Resultate dieser für die Kenntniss der Beschaffenheit der Muskelsubstanz gewiss sehr wichtigen Versuche können jedoch keinen unmittelbaren Aufschluss über die Vorgänge des Gasumtausches in den Muskeln eines lebenden Thieres geben, da dessen Muskeln unter ganz anderen Bedingungen sich befinden als diejenigen, welche zu Valentin's Untersuchungen dienten. Wir haben uns deswegen vorgenommen, diesen Gegenstand einer experimentellen Prüfung zu unterwerfen, wobei wir den Gasumtausch der Muskeln, sowohl während der Ruhe als zur Zeit der Zusammenziehung zu bestimmen suchten.

Die Methode, nach welcher unsere Versuche ausgeführt sind, besteht darin, dass man die Gase des in die Muskeln eintretenden und aus denselben austretenden Blutes bestimmt; ein Vergleich der gewonnenen Werthe liefert dann einen directen Aufschluss über den Gasumtausch in den Muskeln. Da nun die letzteren bei unseren Versuchen in ihrer natürlichen Lage und unter sonst normalen Verhältnissen bleiben, so kann man die gewonnenen Resultate für das normale Leben als giltige betrachten.

Um möglichst reines Muskelblut zu erhalten, diente uns folgendes Verfahren: Man band einem grossen Hunde eine Glascanüle in die Vena femoralis unterhalb der Einmündung der Vena profunda femoris so ein, dass die Mündung der Canüle nach aufwärts gerichtet war. Eine oberhalb der Einmündung der V. profunda femoris um die V. femoralis gelegte Schlinge erlaubte die letztere so zusammenzudrücken, dass das Blut aus der V. profunda femoris durch die Canüle fliessen musste und mittelst einer mit derselben verbundenen Glasröhre über Quecksilber in einem Blutrecipienten aufgefangen werden konnte. War genug Blut gesammelt, so brauchte man nur den Schlingenfaden loszulassen, um dem Strom aus den Muskeln seinen alten Weg anzuweisen. Man sammelte zuerst das Blut aus den ruhenden Muskeln; dann aus denselben Muskeln während sie sich stark contrahirten; ausserdem wurde noch arterielles Blut aus der Art. carotis gesammelt.

Die Muskelcontraction wurde durch die Reizung der in das Hinterbein aus dem Becken eintretenden Nerven bewerkstelligt; zu diesem Zwecke applicirte man die mit feuchten Schwämmen umwickelten Elektroden eines Inductionsapparates so, dass der eine in der Plica inguinalis, der andere hinten, dem Austritte des Nervus ischiadicus entsprechend, lag.

Die Gewinnung der Blutgase wurde mittelst der Gaspumpe von Prof. Ludwig ausgeführt.

Es wurde dabei zuerst das arterielle Blut ausgepumpt; dann folgte das venöse aus den gereizten Muskeln und zuletzt das venöse Blut aus den ruhenden Muskeln. Gewöhnlich wurden die zwei ersteren Auspumpungen am Versuchstage selbst ausgeführt, die dritte aber am folgenden; dass zuerst das venöse Blut aus den ruhenden ausgepumpt wurde, hatte seinen Grund darin, dass man dem Verdachte entgehen wollte, es könnte die grössere Kohlensäuremenge in demselben durch Zersetzung während der längeren Aufbewahrung entstanden sein.

Das Blut, welches nicht sogleich ausgepumpt werden konnte, wurde in Eis aufbewahrt.

Die Gasanalysen wurden, wie in der vorigen Versuchsreihe, nach den Bunsen'schen Methoden ausgeführt.

Erster Versuch.

I. Arterielles Blut. Vol. 56.942 CbC.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.
Gesammtmenge der auspumpbaren Gase	18.0	0.7302	36.031	25.302
Nach CO^2 Absorption	17.3	0.6869	15.177	9.805

Ins Eudiometer übergeführt:

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.
Anfangsvol.	18.0	0.3820	26.761	9.590
Nach H-Zusatz	18.0	0.6436	69.549	41.995
„ Verpuffung	18.0	0.4334	36.308	14.762

Gebundene Kohlensäure:

Anfangsvolum (mit Luft)	18.5	0.7313	29.982	20.535
Nach CO^2 Absorption	18.7	0.7474	28.403	19.867

100 Vol. Blut enthalten: auspumpbare Gase 44.436; davon 27.216 Kohlensäure; 16.289 Sauerstoff und 0.931 Stickstoff. Ausserdem 1.173 chemisch gebundene Kohlensäure.

2. Venöses Blut aus ruhenden Muskeln. Vol. 58.146 CbC.

Die Färbekraft um ein Geringes stärker als die des arteriellen.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.
Gesammtmenge der auspumpbaren Gase	18.0	0.7348	34.855	24.030
Nach CO^2 Absorption	18.0	0.6164	9.219	5.331

Ins Eudiometer übergeführt:

Anfangsvolum	18.0	0.4852	11.642	5.299
Nach H-Zusatz	18.0	0.6790	43.420	27.661
„ Verpuffung	18.0	0.5627	25.392	13.404

Gebundene Kohlensäure:

Anfangsvolum (mit Luft)	18.5	0.7266	27.304	18.581
Nach CO^2 Absorpation	18.7	0.7420	24.997	17.359

100 Vol. Blut enthalten: auspumpbare Gase 41.327; davon 32.159 Kohlensäure, 8.217 Sauerstoff und 0.851 Stickstoff. Ausserdem 2.102 gebundene Kohlensäure.

Zweiter Versuch.

1. Arterielles Blut. Vol. 61.015 CbC.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC	Vol. b. 0° u. 1 M.
Gesammtmenge der auspumpbaren Gase	16.4	0.7119	35.357	23.745
Nach CO^2 Absorption	15.1	0.6477	13.112	8.048

Ins Eudiometer übergeführt:

Anfangsvolum	16.1	0.3917	17.680	6.540
Nach H-Zusatz	16.5	0.5375	40.688	20.626
„ Verpuffung	16.6	0.3469	8.077	2.641

Gebundene Kohlensäure:

Anfangsvolum (mit Luft)	16.6	0.6575	16.731	10.370
Nach CO^2 Absorption	15.8	0.6889	14.633	9.530

100 Vol. Blut enthalten: 38.917 auspumpbare Gase; da-

von 25.726 Kohlensäure, 12.083 Sauerstoff und 1.108 Stickstoff. Ausserdem 1.377 gebundene Kohlensäure.

2. Venöses Blut aus ruhenden Muskeln. Vol. 47.118 CbC.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.
Gesammtmenge der auspumpbaren Gase	16.4	0.7136	26.837	18.066
Nach CO^2 Absorption	16.0	0.5890	4.631	2.577
Eudiometer mit atmosphärischer Luft .	15.2	0.3689	23.928	8.361
Nach Ueberführen der Luft aus der Absorptionsröhre	15.6	0.3982	28.805	10.852
Nach H-Zusatz	15.8	0.5146	48.440	23.565
„ Verpuffung	15.9	0.4093	31.800	12.301
Gebundene Kohlensäure:				
Anfangsvolum (mit Luft)	16.6	0.6517	18.466	11.345
Nach CO^2 Absorption	15.8	0.6935	16.203	10.623

100 Vol. Blut enthalten: 38.341 auspumpbare Gase; davon 32.872 Kohlensäure, 4.389 Sauerstoff und 1.080 Stickstoff. Ausserdem 1.532 chemisch gebundene Kohlensäure.

3. Venöses Blut aus gereizten Muskeln. Vol. 55.022 CbC.

Dieses Blut floss bedeutend schneller aus der Vene als das vorige und hatte eine hellere Farbe.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.
Gesammtmenge der auspumpbaren Gase	16.5	0.7177	35.833	24.251
Nach CO^2 Absorption	15.1	0.5831	5.971	3.300
Eudiometer mit atmosphärischer Luft .	15.2	0.5541	22.026	11.561
Nach Ueberführen der Luft aus der Absorptionsröhre	15.6	0.5825	26.688	14.708
Nach H-Zusatz	15.8	0.7138	48.333	32.614
„ Verpuffung	15.9	0.6043	31.456	17.964
Gebundene Kohlensäure:				
Anfangsvolum (mit Luft)	16.5	0.7202	18.469	12.543
Nach CO^2 Absorption	16.0	0.6963	17.854	11.744

100 Vol. Blut enthalten 44.076 auspumpbare Gase; davon 38.078 Kohlensäure, 4.680 Sauerstoff und 1.318 Stickstoff. Ausserdem 1.452 gebundene Kohlensäure.

Dritter Versuch.

Am Versuchstage wurde arterielles Blut ausgepumpt; die venösen Blutarten am folgenden. Die Färbekraft war in allen drei Blutproben nicht merklich verschieden. In Folge eines Fehlers an dem Apparate wurde bei der Auspumpung des arteriellen und venösen Blutes aus ruhenden Muskeln etwas

atmosphärische Luft eingesaugt, wodurch der Gehalt der Blutgase an Sauerstoff und Stickstoff vergrössert wurde; um die Resultate der Analysen zu corrigiren, nahm man an, dass der Stickstoffgehalt dieser Blutarten derselbe sei als des venösen Blutes aus den contrahirten Muskeln; dadurch war es möglich, die Menge der eingesaugten Luft und die wahren Procentwerthe von O und N zu bestimmen.

1. Arterielles Blut. Vol. 4.5638 CbC.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. O^2 u. 1 M.
Gesammtmenge der auspumpbaren Gase	14.2	0.7307	42.535	29.544
Nach CO^2 Absorption	16.1	0.6758	21.786	13.871
Ins Eudiometer übergeführt:				
Anfangsvolum	16.2	0.4613	28.918	12.594
Nach H-Zusatz	16.3	0.7054	68.221	45.413
„ Verpuffung	16.5	0.5186	38.776	18.963
Gebundene Kohlensäure:				
Anfangsvolum (mit Luft)	15.1	0.6417	15.636	9.509
Nach CO^2 Absorption	16.7	0.6527	14.956	9.200

100 Vol. Blut enthalten (nach Correction) 45.943 auspumpbare Gase; davon: 28.685 Kohlensäure, 16.058 Sauerstoff und 1.200 Stickstoff. Ausserdem 0.572 gebundene Kohlensäure.

2. Venöses Blut aus den ruhenden Muskeln.
Vol. 56.862 CbC.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. O^2 u. 1 M.
Gesammtmenge der auspumpbaren Gase	14.6	0.7257	37.456	25.802
Nach CO^2 Absorption	16.1	0.6299	7.882	4.689
Ins Eudiometer übergeführt:				
Anfangsvolum	16.2	0.4722	10.126	4.514
Nach H-Zusatz	16.3	0.6508	38.791	23.823
„ Verpuffung	16.5	0.5909	29.664	16.530
Gebundene Kohlensäure:				
Anfangsvolum (mit Luft)	14.6	0.7200	28.982	19.808
Nach CO^2 Absorption	15.0	0.7160	28.099	19.073

100 Vol. Blut enthalten (nach Correction) 24.074 auspumpbare Gase; davon: 37.130 Kohlensäure, 3.744 Sauerstoff und 1.200 Stickstoff. Ausserdem 1.293 gebundene Kohlensäure.

3. Venöses Blut aus den gereizten Muskeln.
Vol. 51.944 CbC.

Dieses Blut floss auffallend schneller als aus ruhigen Muskeln und war heller gefärbt.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. O^2 u. 1 M.
Gesammtmenge der auspumpbaren Gase	14.2	0.7171	31.720	21.622
Nach CO^2 Absorption	15.8	0.5659	2.644	1.414
Eudiometer mit atmosphärischer Luft .	17.7	0.5419	22.831	11.618
Nach Ueberführen der Gase aus der Absorptionsröhre	17.7	0.5558	25.150	13.127
Nach H-Zusatz	17.9	0.6180	34.805	20.186
„ Verpuffung	18.0	0.5298	20.835	10.356
Gebundene Kohlensäure:				
Anfangsvolum (mit Luft)	15.1	0.7204	17.217	11.754
Nach CO^2 Absorption	14.7	0.6906	16.655	10.915

100 Vol. Blut enthalten 41.625 auspumpbare Gase; davon 38.903 Kohlensäure, 1.514 Sauerstoff und 1.208 Stickstoff. Ausserdem 1.615 gebundene Kohlensäure.

Vierter Versuch.

Die Gase aus artiellem und venösem Blut aus den ruhenden Muskeln wurden auch in diesem Versuche durch Lufteinsaugung verunreinigt; die Resultate der Gasanalysen sind auf dieselbe Weise corrigirt. Die Färbekraft war am stärksten im venösen Blute aus den gereizten Muskeln, etwas schwächer im venösen Blute aus den ruhenden und am schwächsten im arteriellen.

1. Arterielles Blut. Vol. 52.540 CbC.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. O^2 u. 1 M.
Gesammtmenge der auspumpbaren Gase	20.4	0.7351	43.701	29.892
Nach CO^2 Absorption	18.6	0.6869	19.804	12.736
Ins Eudiometer übergeführt:				
Anfangsvolum	16.9	0.4497	27.147	11.496
Nach H-Zusatz	16.9	0.6584	59.960	37.177
„ Verpuffung	16.9	0.4912	33.442	15.470
Gebundene Kohlensäure:				
Anfangsvolum (mit Luft)	20.4	0.7258	20.089	13.568
Nach CO^2 Absorption	19.0	0.7313	19.062	13.033

100 Vol. Blut enthalten (nach Correction) 47.035 auspumpbare Gase; davon 32.635 Kohlensäure, 13.178 Sauerstoff und 1.222 Stickstoff. Ausserdem 1.018 gebundene Kohlensäure.

2. Venöses Blut aus den ruhenden Muskeln. Vol. 63.993 CbC.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. O^2 u. 1 M.
Gesammtmenge der auspumpbaren Gase	20.2	0.7402	43.149	29.741
Nach CO^2 Absorption	18.6	0 6223	10.752	6.264

Ins Eudiometer übergeführt:

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. O° u. 1 M.
Anfangsvolum	19.9	0.4924	13.445	6.234
Nach H-Zusatz	16.9	6.6187	32.977	19.214
„ Verpuffung	16.9	0.5003	14.346	6.759
Gebundene Kohlensäure:				
Anfangsvolum (mit Luft)	20.4	0.7278	20.385	13.805
Nach CO^2 Absorption	19.1	0.6743	20.764	13.069

100 Vol. Blut enthalten (nach Correction) 43.880 auspumpbare Gase; davon 36.687 Kohlensäure, 5.971 Sauerstoff und 1.222 Stickstoff. Ausserdem 1.150 gebundene Kohlensäure.

3. Venöses Blut aus den gereizten Muskeln. Vol. 53.614 CbC.

Das Blut floss aus den gereizten Muskeln schneller als aus ruhenden und war dunkler gefärbt.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. O° u. 1 M.
Gesammtmenge der auspumpbaren Gase	20.2	0.7302	35.112	23.874
Nach CO^2 Absorption	19.0	0.5865	3.301	1.810
Eudiometer in atmosphärischer Luft	16.9	0.4297	23.800	9.631
Nach Ueberführen der Gase aus der Absorptionsröhre	16.9	0.4509	27.260	11.576
Nach H-Zusatz	16.9	0.5793	47.448	25.887
„ Verpuffung	17.0	0.4970	34.408	16.101
Gebundene Kohlensäure:				
Anfangsvolum (mit Luft)	20.4	0.6588	20.541	12.592
Nach CO^2 Absorption	19.1	0.6651	19.032	11.831

100 Vol. Blut enthalten 44.529 auspumpbare Gase; davon 41.153 Kohlensäure, 2.154 Sauerstoff und 1.222 Stickstoff Ausserdem 1.419 gebundene Kohlensäure.

Fünfter Versuch.

Am Versuchstage wurde arterielles Blut ausgepumpt; die anderen Blutarten am folgenden Tage. Aus den gereizten Muskeln floss das Blut schneller als aus ruhenden und war dunkler gefärbt. Die Färbekraft war im venösen Blute aus den gereizten Muskeln ein wenig stärker als in den zwei anderen.

1. Arterielles Blut. Vol. 57.45 CbC.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. O° u. 1 M.
Gesammtmenge der auspumpbaren Gase	18.1	0.7273	36.363	24.804
Nach CO^2 Absorption	18.0	0.6473	17.946	10.899

Ins Eudiometer übergeführt:

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.
Anfangsvolum	18.5	0.4406	25.634	10.578
Nach H-Zusatz	18.6	0.6609	61.976	38.347
„ Verpuffung	18.7	0.4215	23.656	9.332

Gebundene Kohlensäure:

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.
Anfangsvolum (mit Luft)	18.0	0.7506	44.022	31.001
Nach CO^2 Absorption	18.0	0.7490	43.838	30.805

100 Vol. enthalten 43.174 auspumpbare Gase; davon 24.204 Kohlensäure, 17.334 Sauerstoff und 1.636 Stickstoff. Ausserdem 0.341 gebundene Kohlensäure.

2. Venöses Blut aus den ruhenden Muskeln. Vol. 63.41 CbC.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.
Gesammtmenge der auspumpbaren Gase	18.1	0.7289	37.012	25.301
Nach CO^2 Absorption	18.0	0.6445	9.296	5.621

Ins Eudiometer übergeführt:

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.
Anfangsvolum	18.5	0.4829	11.837	5.354
Nach H-Zusatz	18.6	0.6271	35.839	21.041
„ Verpuffung	18.7	0.5014	15.860	7.443

Gebundene Kohlensäure:

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.
Anfangsvolum (mit Luft)	18.0	0.7127	19,138	12.797
Nach CO^2 Absorption	18.0	0.7180	18.479	12.488

100 Vol. Blut enthalten 39.900 auspumpbare Gase; davon 31.036 Kohlensäure, 7.500 Sauerstoff und 1.364 Stickstoff. Ausserdem 0.550 gebundene Kohlensäure.

3. Venöses Blut aus den gereizten Muskeln. Vol. 62.65 CbC.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.
Gesammtmenge der auspumpbaren Gase	18.0	0.7344	33.467	23.059
Nach CO^2 Absorption	18.0	0.5775	2.542	1.377
Eudiometer mit atmosphärischer Luft	19.9	0.3615	14.480	4.879
Nach Ueberführen der Gase aus der Absorptionsröhre	19.9	0.3814	17.696	6.292
Nach H-Zusatz	19.9	0.4774	32.686	14.545
„ Verpuffung	19.8	0.4175	23.176	9.022

Gebundene Kohlensäure:

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.
Anfangsvolum (mit Luft)	18.0	0.7153	25.689	17.239
Nach CO^2 Absorption	18.0	0.7151	25.284	16.963

100 Vol. Blut enthalten 36.631 auspumpbare Gase, davon 34.443 Kohlensäure, 1.265 Sauerstoff und 0.923 Stickstoff. Ausserdem 0.438 gebundene Kohlensäure.

Folgende Tabelle enthält die Resultate dieser Versuchsreihe zusammengestellt, das arterielle Blut ist mit A, das venöse aus den ruhenden Muskeln mit VR, aus den gereizten mit VB bezeichnet; die eingeklammerten Zahlen sind auf die oben erwähnte Weise corrigirt. Die erste Columne zeigt die Farbe des venösen Blutes aus den gereizten Muskeln im Vergleiche mit dem Blute aus den ruhenden; die letzte Q, zeigt das Verhältniss der gebildeten Kohlensäure zum verschwundenen Sauerstoff. Dasselbe ist so berechnet, dass man die Differenz des Kohlensäuregehaltes des venösen und arteriellen Blutes mit der Differenz des Sauerstoffgehaltes derselben Blutarten dividirte.

		Farbe	O	N	auspumpb. CO^2	gebund. CO^2	gesammte CO^2	Q
1. Versuch.	A	—	16.289	0.931	27.216	1.173	28.389	—
	VR	—	8.217	0.951	32.159	2.102	34.260	
2. „	A	—	12.083	1.108	25.726	1.377	27.103	„
	VR	—	4.389	1.080	32.872	1.532	34.404	0.949
	VB	heller	4.680	1.318	38.078	1.452	39.530	1.679
3. „	A	—	[16.058]	[1.200]	28.685	0.572	29.257	„
	VR	—	[3.744]		37.130	1.293	38.423	0.744
	VB	heller	1.514	1.208	38.903	1.615	40.518	0.814
4. „	A	—	[13.178]	[1.222]	32.635	1.018	33.653	„
	VR	—	[5.971]		36.687	1.150	37.837	0.581
	VB	dunkler	2.154	1.222	41.153	1.419	42.572	0.809
5. „	A	—	17.334	1.636	24.204	0.341	24.545	„
	VR	—	7.500	1.364	31.036	0.550	31.586	0.716
	VB	dunkler	1.265	0.923	34.443	0.438	34.881	0.643

Die Betrachtung dieser Tabelle ergiebt folgende Resultate:

1. Die Farbe des Blutes, welches aus den in Contraction begriffenen Muskeln fliesst, ist weder constant dunkler, noch constant heller, als die des venösen Blutes aus den ruhenden Muskeln. Da das hellere Blut im dritten Versuche weniger Sauerstoff enthielt, als das dunklere, so scheint es, als ob die hellrothe Blutfarbe nicht unter allen Umständen blos vom Sauerstoffgehalte abhängig wäre, doch bedarf dieser Punkt noch weiterer Untersuchungen.

2. In den ruhenden Muskeln findet fortwährend eine lebhafte Kohlensäurebildung Statt, so dass das Blut, welches aus denselben strömt, im Mittel 6.71 % Kohlensäure mehr enthält als das arterielle. Durch Muskelzusammenziehung wird der Kohlensäuregehalt des venösen Blutes noch beträchtlicher, da das Blut aus den in Contraction begriffenen Muskeln im Mittel 10.79 % Kohlensäure mehr enthält, als das arterielle Blut. Diese Unterschiede im Kohlensäuregehalte des Blutes allein geben uns freilich noch kein Mass für die in den

Muskeln gebildete Kohlensäure, da der Kohlensäuregehalt des Blutes nicht blos von der Kohlensäurebildung in den Muskeln, sondern auch von der Geschwindigkeit des Blutstromes in denselben abhängt; deswegen ist es sehr wichtig hier die Bemerkung einzuschalten, dass, wie wir bei unseren Versuchen ausnahmslos gesehen haben, die mittlere Geschwindigkeit des Blutes im zuckenden Muskel bedeutend grösser ist als in einem ruhenden; diese Thatsache mit den oben erwähnten vereint, lässt nun keinen Zweifel zu, dass während der Muskelcontraction eine bedeutendere Menge Kohlensäure gebildet wird als während der Muskelruhe.

3. Entsprechend der lebhaften Kohlensäurebildung ist auch der Sauerstoffverbrauch in den ruhenden Muskeln sehr beträchtlich; der Unterschied des Sauerstoffgehaltes des arteriellen und venösen Muskelblutes beträgt im Mittel ungefähr 9 %; bei der Muskelcontraction aber kann der Sauerstoffgehalt des aus den Muskeln strömenden Blutes bis auf 1 — 2 % sinken. Da nun die Blutgeschwindigkeit in einem zuckenden Muskel grösser ist als im ruhenden, so ist auch der Sauerstoffverbrauch in demselben viel grösser als im ruhenden.

Der beträchtliche Sauerstoffverbrauch in den Muskeln erklärt sehr einfach die Nothwendigkeit der so beträchtlichen Geschwindigkeit des Blutstromes, da bei dem wirklich vorhandenen Sauerstoffgehalte desselben nur auf diese Weise der Bedarf der Muskeln am Sauerstoff gedeckt werden kann.

4. Die Betrachtung der letzten Columne zeigt, dass der Quotient Q durch die Muskelcontraction verändert wird; meistentheils wird er grösser (in drei Versuchen unter vier); hieraus könnte man folgern, dass während der Muskelcontraction auf 1 Vol. Sauerstoff mehr Kohlensäure gebildet wird als während der Ruhe, eine Thatsache, welche für die Physiologie der Muskelcontraction von grosser Wichtigkeit wäre. Insofern sich diese Folgerung allein auf die bis dahin vorliegenden Gasbestimmungen stützt, ist sie jedoch noch manchem Zweifel unterworfen. Bekanntlich wissen wir noch nichts entschiedenes über den Ort, wo diejenigen Verbrennungen stattfinden, welche die Kohlensäure liefern. Gesetzt nun, dieselben haben ihren Sitz im Gewebe selbst und die Kräfte, welche die Diffusion des Sauerstoffes in die Gewebe und der Kohlensäure aus denselben in das Blut vermitteln, seien nicht dieselben, so ist es möglich, dass bei einer Veränderung der Geschwindigkeit des Blutstromes das Verhältniss der in das Blut übergetretenen Kohlensäure zu dem aus demselben ausgetretenen Sauerstoff sich verändert, ohne dass das Ver-

hältniss der gebildeten Kohlensäure zum verbrauchten Sauerstoff wirklich ein anderes geworden wäre. Allerdings kann diese Ursache das genannte Verhältniss nur auf eine kurze Zeit verändern, da uns jedoch diese letztere nicht bekannt ist und das Blutsammeln auch nur kurze Zeit dauert, so können wir die hierin begründete Möglichkeit der Aenderung des Quotienten nicht unberücksichtigt lassen.

Die folgende Versuchsreihe wird jedoch darthun, dass die oben erwähnte Veränderung des Quotienten die Muskelcontraction constant begleitet.

Dritte Versuchsreihe.

Die soeben mitgetheilten Versuche haben unter anderem gezeigt, dass das Verhältniss zwischen der gebildeten Kohlensäure und dem verbrauchten Sauerstoff ein anderes im ruhenden Muskel zu sein scheint, als in dem sich contrahirenden. Um diese wichtige Thatsache weiter zu verfolgen, wurde eine andere Reihe von Versuchen angestellt. Wir haben uns bei denselben die Aufgabe gesetzt, die Respirationsproducte eines Thieres während der Ruhe und der Contraction seiner Muskeln mit möglichster Genauigkeit zu bestimmen, und aus dem Vergleiche derselben das Verhältniss der Kohlensäurebildung und des Sauerstoffverbrauches, insofern dasselbe von der Muskelzusammenziehung abhängt, festzustellen.

Zu diesem Zwecke hat Professor Ludwig einen besonderen Apparat construirt, dessen Princip darin besteht, dass man ein Thier aus einem mit Wasser gesperrten Gasometer in ein anderes mit Quecksilber abgesperrtes athmen lässt, während der Luftdruck in den beiden Gasometern mit dem der Atmosphäre durch die ganze Versuchsdauer hindurch gleich bleibt; diese letztere Bedingung, deren Unentbehrlichkeit man leicht begreift, bietet bei der Ausführung die meisten Schwierigkeiten; sie ist in unserem Apparat auf eine sehr befriedigende Weise gelöst.

Aber auch nach dem Aufbau des Apparates würden die Versuche noch unausführbar gewesen sein, wenn nicht Freiherr von Baumgarten durch seine einflussreiche Verwendung das hohe Finanzministerium bewogen hätte, dem physiologischen Institute der Josephs-Akademie zu diesen und den folgenden Respirations-Versuchen sechs Centner Quecksilber zu leihen. Im Namen der Wissenschaft drücken wir für diese werthvolle Unterstützung unseren Dank aus.

Der ganze auf der beigelegten Tafel dargestellte Apparat besteht aus folgenden Theilen*):

1. Inspirationsgasometer, *i* ein cylindrisches, oben mit einem konischen Deckel von verzinntem Eisenblech versehenes Glasgefäss von ungefähr 9600 Cub.-Cent. Inhalt; dasselbe hat unten einen kurzen Hals, in welchem eine weite Glasröhre eingekittet ist; die leztere bringt es durch einen Hahn *l* und durch einen Kautschukschlauch mit der Flasche *g* in Verbindung, welche mit Wasser gefüllt ist. Oben in den Deckel ist ein langes, weites (0.065^m), in Millimeter eingetheiltes Glasrohr *h* eingekittet, dessen obere Oeffnung mit einem verlackten Korbe luftdicht verschlossen ist; in diesem sind befestigt: ein Thermometer, ein Manometer und zwei rechtwinkelig gebogene Glasröhren. Von den letzteren steht eine durch einen Kautschukschlauch mit den Wasserventilen *m* in Verbindung, während die andere mit einem Kautschukventil versehen ist, auf welches wir unten zurückkommen.

2. Exspirationsgasometer *s*, von starkem Eisenblech luftdicht gearbeitet (ohne Löthstellen), lackirt. Er hat die Form eines 0.15^m hohen und 0.34^m breiten Cylinders, dessen obere und untere Basalflächen schwach konisch zulaufen; der Inhalt desselben ist dem des Inspirationsgasometers ungefähr gleich. In der Mitte sowohl des oberen als auch des unteren Bodens ist je eine Oeffnung von circa 0.05^m Durchmesser angebracht, in welchen ungefähr 0.12^m lange Glasröhren eingekittet sind. Die obere Röhre ist durch einen Kork luftdicht verschlossen, welcher ein Thermometer, ein Manometer und zwei rechtwinkelig gebogene Glasröhren trägt, von welchen letzteren die eine durch einen Kautschukschlauch mit dem Wasserventile, die andere mit einem Kautschukventile verbunden ist; die untere, in Millimeter getheilte Röhre steht mit dem Rohre *w* in Verbindung, durch welches das den Gasometer füllende Quecksilber abfliesst.

3. Die Wasserventile *m* sind nach demselben Principe construirt, wie die von W. Müller benutzten Quecksilberventile, nur dass dem schweren Quecksilber das leichtere Wasser substituirt ist; ihre Bestimmung besteht darin, die Luftcirculation nur in einer bestimmten Richtung zu gestatten, nämlich aus dem In- in den Exspirationsgasometer.

---

*) Zur Erleichterung des Auffindens der Buchstaben in der verwickelten Zeichnung ist an den Rand derselben ein alphabetischer Index angebracht. Die gleichen Buchstaben der Zeichnung und des Index stehen in derselben Horizontalen.

Man sieht jetzt leicht ein, dass, wenn man bei der hier beschriebenen und auf der Tafel dargestellten Verbindung von den beiden Gasometern mit den Wasserventilen, durch die Röhre *l* athmet, die Luft aus dem Gasometer *i* ein- und in den Gasometer *s* ausgeathmet wird. Es erübrigt nur diejenigen Vorrichtungen zu beschreiben, mittelst deren der Luftdruck in beiden Gasometern während der ganzen Versuchsdauer constant erhalten wird.

In dem Inspirationsgasometer ist dieses durch das eben erwähnte Kautschukventil *b* bewerkstelligt; es ist ein flaches, ziemlich breites (0.07 m) Glasgefäss (eine kurz abgeschnittene Reagensflasche), dessen grössere Oeffnung mit einer an den Rändern des Gefässes festgebundenen Kautschukplatte geschlossen ist; in die entgegengesetzte engere Mündung ist aber eine Glasröhre eingekittet, welche den inneren Raum des Glasgefässes mit dem Binnenraume des Gasometers in Verbindung setzt. Dieses Ventil wird in der auf der Tafel verzeichneten Lage so befestigt, dass es mit der nach unten gekehrten Kautschukplatte die feine Oeffnung des Rohres *d* verschliesst, durch welche die Luft in der Flasche *g* mit der atmosphärischen in Verbindung steht. So lange nun diese Oeffnung geschlossen ist, kann auch das Wasser nicht ausfliessen. Wird aber die Luftspannung in dem Gasometer *i* in Folge einer Einathmung geringer als die der atmosphärischen Luft, so erhebt sich die Kautschukplatte und lässt die Oeffnung des Rohres *d* frei; es fliesst dann das Wasser aus *g* in *i* so lange, als die Luft im Gasometer *i* eine geringere Spannung besitzt als die der Atmosphäre.

Viel grössere Schwierigkeiten bietet in Bezug auf die Erhaltung des constanten Druckes der Exspirationsgasometer. Wie man auf der Tafel sieht, strömt die exspirirte Luft in den Gasometer von oben, während das Quecksilber, über welchem die Luft gesammelt wird, von unten abfliesst; dieser Einrichtung zufolge muss die Quecksilbersäule auf die im Gasometer befindliche Luft einen je nach der Höhe desselben veränderlichen Zug ausüben, welcher auch auf den Gasometer *i* sich fortpflanzen würde, so dass ein Ueberfliessen der Luft aus dem letzteren in den Gasometer *s* unvermeidlich wäre. Um diese Folgen des Quecksilberzuges aufzuheben, muss der Quecksilbersäule eine Kraft entgegengesetzt werden, welche in jedem Augenblicke im Stande ist, dieselbe im Gleichgewichte zu erhalten. Dies ist in unserem Apparate auf folgende Weise erreicht: das Quecksilber fliesst aus dem Gasometer *s* durch ein weites Glasrohr *w* in die Flasche *v*; in der oberen Oeff-

nung dieser letzteren ist ein kurzes, oben zugeschmolzenes Glasrohr *t* eingekittet, welches seitlich eine feine Oeffnung hat; ein kleines Kautschukventil an dem kurzen Arme des um den Punkt *u* drehbaren Hebels *r* befestigt, wird an diese Oeffnung durch einen Kautschukring angedrückt und verschliesst dieselbe luftdicht; der andere rechtwinkelig gebogene Arm des Hebels berührt mit einer breiten Oberfläche die Kautschukplatte des Ventils *o*, welches demjenigen des Inspirationsgasometers vollkommen ähnlich construirt ist. Eine besondere Abbildung dieser Einrichtung gibt Fig. 2. In die Flasche *v* wird durch die Flasche *t'* so lange Luft eingepumpt, bis die Spannung derselben der Quecksilbersäule in dem Exspirationsgasometer das Gleichgewicht hält. Das Lufteinpumpen wird auf diese Weise ausgeführt, dass man mittelst einer gewöhnlichen Wasserpumpe das Wasser in eine grosse Flasche einpumpt und die in derselben befindliche Luft in die Flasche *v* austreibt.

Wenn nun in den Gasometer *s* eine gewisse Menge Luft hineingeathmet wird, so wird die Spannung der in demselben vorhandenen Luft grösser als die der Atmosphäre; in Folge dessen wölbt sich die Kautschukplatte des Ventils *o* hervor, drückt auf das dieselbe berührende Ende des Hebels *r* und öffnet die capilläre Oeffnung des Rohres *t*, durch welche ein Theil der comprimirten Luft aus der Flasche *v* entweicht; da aber dadurch die Luftspannung in derselben geringer wird, so fliesst das Quecksilber aus dem Gasometer *s* in die Flasche *v* und zwar so lange, bis die Luftspannung in der letzteren der Quecksilbersäule wieder gleich geworden ist. Durch entsprechende Einstellung des Hebels *v* und richtige Weite der Oeffnung des Rohres *t* kann man es leicht erreichen, dass die durch das exspirirte Luftvolum vergrösserte Spannung in dem Gasometer *s* sich fast momentan ausgleicht.

Der Gang des Versuches selbst ist folgender: vor Beginn des Versuches wird in den Gasometer *i* das Wasser aus der Flasche *g* bis zu einer Marke eingelassen, welche am Halse *k* angebracht ist; es wird dann der Hahn *l* geschlossen, das Ventil *b* in seiner Lage befestigt und die gebogene Röhre *e* mit den Wasserventilen durch einen Kautschukschlauch verbunden.

Man füllt weiter den Gasometer *s* mit Quecksilber, wobei zuerst so viel Quecksilber in die Flasche *v* eingegossen wird, bis die Ausflussöffnung vom Quecksilber bedeckt ist; das weitere Abfliessen wird dann durch eine Klemme verhindert, welche den Kautschuk *x* abschliesst. Es wird dann in die Flasche *v* so lange Luft eingepumpt, bis die Spannung der-

selben der Höhe des Quecksilbers im Gasometer gleich geworden ist; man stellt dann den Hebelarm *r* so, dass er mit seiner breiten Oberfläche die Kautschukplatte des Ventils *o* sanft berührt und verbindet die Röhre *n* mittelst eines Kautschukschlauches mit dem Wasserventile *m*.

Es wird nun einem auf einem Brette aufgebundenen Kaninchen die Trachea freigelegt und in dieselbe eine rechtwinkelig gebogene Canüle luftdicht eingebunden; diese ist mit dem Kautschukschlauche *f* verbunden, welcher zu den Wasserventilen führt. In diesem Schlauche befindet sich ein anderthalbfach durchbohrter Hahn *p*, welcher durch eine Viertelumdrehung das Thier entweder in die freie Luft oder in den Gasometer athmen lässt.

Der Versuch beginnt nun damit, dass man den Hahn *l* und die Klemme bei *x* öffnet und dann den Hahn *p* dreht; das Thier athmet jetzt aus dem Gasometer *i* ein und in den Gasometer *o* aus. Der Versuch dauert so lange, als die ganze Luft aus einem Gasometer in den andern übergeführt ist; dann werden die Hähne *p* und *l* und die Klemme bei *x* wieder geschlossen und die Versuchsdauer notirt.

Die Bestimmung der Volumina der in- und exspirirten Luft geschieht folgendermassen:

Das Volum der eingeathmeten Luft wird durch das Volum des Wassers gemessen, welches in den Gasometer *i* aus der Flasche *g* übergeflossen ist. Wie oben erwähnt, wird dieser Gasometer vor Beginn des Versuches bis zur Marke im Halse *k* mit Wasser gefüllt; von dieser aber bis zum Anfang des Rohres *h* ist der Inhalt des Gasometers durch mehrmaliges Wägen des zum Füllen desselben nöthigen Wassers bestimmt und das in Millimeter eingetheilte Rohr *h* ist mit Quecksilber kalibrirt. Auf diese Weise ist das Volum des Wassers, welches in den Gasometer während der Dauer des Versuches übergeflossen, bekannt, folglich auch das der eingeathmeten Luft. Es wird dann noch die Temperatur der Luft und der Druck an den an dem oberen Ende des Rohres *h* befindlichen Thermometer und Manometer notirt.

Der Inhalt des Gasometers *s* ist von einer Marke an dem oberen Glasrohre bis zu einem bekannten Theilstriche der in Millimeter getheilten unteren Röhre durch mehrmaliges Füllen mit Quecksilber und Wägen des letzteren genau bestimmt; ausserdem ist die untere Röhre ebenfalls mit Quecksilber kalibrirt, so dass, wenn der Quecksilberstand in der letzteren bekannt ist, auch das Volum des abgeflossenen Quecksilbers, folglich auch das der an seine Stelle eingetretenen Luft be-

stimmbar ist. Da man die Temperatur der letzteren und den Druck durch den oben befestigten Thermometer und den Manometer bestimmen kann, so hat man alle nöthigen Data, um das Volum der exspirirten Luft zu bestimmen, vorausgesetzt, dass der Barometerstand ebenfalls bekannt ist.*)

Die so berechneten Volumina bedürfen noch einer Correction in jenen Fällen, wo die Luftspannung in dem Rohre *h* nach dem Versuche eine andere wird, als vor demselben. Diese Correction betrifft das Volum der inspirirten Luft und ist leicht auszuführen, da man das Volum der in der Röhre *h* zurückgebliebenen Luft genau kennt und das Luftvolum in dem Schlauche und dem Wasserventile wenigstens annäherungsweise bestimmen kann. Die Correction wird jedoch nur selten nothwendig sein, da gewöhnlich der Druck entweder derselbe wie vor dem Versuche bleibt, oder nur um einige Zehntel Millimeter variirt, was einen kaum zu beachtenden Fehler ausmacht.

Um die Luft aus dem Exspirationsgasometer für die Gasanalyse zu erhalten, wird das Kautschukrohr, mittelst dessen das Manometer befestigt ist, unter demselben abgeklemmt, das Manometer weggenommen und statt desselben ein grosser Trichter eingesetzt, durch welchen man das Quecksilber in den Gasometer eingiesst. Die dadurch comprimirte Luft entweicht durch den von den Wasserventilen abgetrennten Kautschukschlauch *s* und wird mit den nöthigen Vorsichtsmassregeln über Quecksilber gesammelt.

Da die Bestimmung der Volumina der in- und exspirirten Luft von besonderer Wichtigkeit sind, so war es uns dringend geboten, die Genauigkeit kennen zu lernen, welche hiebei mittelst unseres Apparates zu erreichen ist. Zu diesem Zwecke haben wir mehrmals die Luft aus dem Inspirationsgasometer in den Exspirationsgasometer hinübergeleitet und dann in beiden das Volum der übergetretenen Luft bestimmt. Diese Versuche zeigten, dass die Fehler in der Volumbestimmung unter 5 Cub.-Cent. waren, was nicht mehr als 0.05 $^0/_0$ beträgt, da das ganze Volum der Luft ungefähr 9500 Cub.-Cent. war.

Es ist nun keinem Zweifel unterworfen, dass bei dem Versuche dieser Fehler grösser sein muss, schon deswegen, weil das Thier je nach der Phase der Respiration, in welcher es in den Apparat gebracht und von demselben weggenommen

*) Da die Wände des Exspirationsgasometers vor dem Versuche befeuchtet werden, so kann man die Luft als mit Wasser gesättigt betrachten.

worden ist, einen bald grösseren, bald kleineren positiven oder negativen Zusatz zu der in den Gasometern schon vorhandenen Luft mitbringt; es kommen weiter hinzu die unvermeidlichen Fehler in der Bestimmung der Temperatur und des Druckes der in- und exspirirten Luft; alle diese Umstände haben eine Vergrösserung des Fehlers in der Volumbestimmung zur Folge. Wir glauben jedoch nicht zu weit von der Wahrheit entfernt zu sein, wenn wir die Fehlergrenze in der Bestimmung der Luftvolumina zu $\pm$ 0.5 % der inspirirten Luft annehmen; die Richtigkeit dieser Annahme wird durch Versuche bestätigt, die unten angeführt werden.

Der unvermeidliche Fehler in der Bestimmung der Luftvolumina wirkt seinerseits auf die Endresultate der Versuche, indem in Folge desselben die berechneten Mengen der ausgeschiedenen Kohlensäure und absorbirten Sauerstoff von den wirklichen abweichen; so lange jedoch dieser Fehler die oben angegebenen Grenzen nicht übersteigt, ist diese Abweichung nicht erheblich; man ersieht dies aus folgender Betrachtung: Bekanntlich summiren sich alle Fehler bei derartigen Untersuchungen auf dem Stickstoff; nun kommt der grösste Werth des Stickstoffes in dem ersten Versuche vor und ist hier = + 31.74 Cub.-Cent. Vorausgesetzt, dass während des Versuches die Stickstoffabscheidung = 0 war und die Gasanalysen vollkommen fehlerfrei sind, so bilden die 31.74 Cub.-Cent. den Fehler in der Volumsbestimmung, welcher 0.486 % der exspirirten Luft beträgt. Wir haben in diesem Versuche gefunden, dass im Ganzen 88.96 Cub.-Cent. Kohlensäure ausgeschieden und 78.70 Cub.-Cent. Sauerstoff absorbirt waren, was auf die Zeitdauer einer Minute für die Kohlensäure + 13.69 Cub.-Cent. und für Sauerstoff — 12.11 Cub.-Cent. gibt (Versuchsdauer = 5.6 Min.). Wenn wir diese Zahlenwerthe nach dem oben angeführten Fehler in der Volumbestimmung corrigiren, so bekommen wir auf 1 Min. für Kohlensäure + 13.62 Cub.-Cent. und für Sauerstoff — 11.15 Cub.-Cent. Das Verhältniss der abgeschiedenen Kohlensäure zum verbrauchten Sauerstoff geht aus 1.13 in 1.23 über. Wie leicht zu ersehen ist, sind die Fehler, welche durch ungenaue Volumbestimmung bedingt werden, für die Kohlensäure kaum merklich, für den Sauerstoff aber im Maximo nicht über 8 %. Ueberdies ist noch besonders hervorzuheben, dass dies die Maximalfehler sind; in den folgenden Versuchen sind dieselben jedenfalls geringer, wie die Betrachtung einzelner Versuche lehrt.

Die andere Quelle von Fehlern in unseren Versuchen liegt in den fehlerhaften Gasanalysen; so wie in den vorigen, wur-

den auch in dieser Versuchsreihe die Kohlenstoff- und Sauerstoffbestimmungen nach den Bunsen'schen Methoden ausgeführt. Ueber die Genauigkeit derselben wäre Folgendes zu bemerken: die Sauerstoffanalysen haben wir überall doppelt ausgeführt, und da die einzelnen Analysen nirgends um mehr als 0.1 % von einander abweichen, so können wir diesen Werth (0.1 %) als die Genauigkeitsgrenze unserer Sauerstoffbestimmungen annehmen; da aber die von uns untersuchte Luft gewöhnlich circa 19 % Sauerstoff enthält, so sind die auf 1 Min. berechneten Sauerstoffmengen bis auf 0.5 % des ganzen Volums genau.

Anders verhält es sich mit der Kohlensäurebestimmung; die so vortreffliche Absorptionsmethode von Bunsen erweist sich als nicht genügend genau für solche Fälle, wo, wie in unseren Versuchen, der Procentgehalt der Gasmischung an Kohlensäure sehr gering ist. Die Genauigkeit, mit welcher man mittelst dieser Methode den Procentgehalt einer Gasmischung an Kohlensäure zu bestimmen vermag, kann bei den möglichst sorgfältig ausgeführten Analysen nicht weiter gehen als bis 0.1 % (siehe den dritten Versuch erster Reihe); bei gewöhnlichen Analysen aber sind die Fehler bis 0.15 und 0.18 % keine Seltenheit, wie aus unseren zahlreichen Analysen erwiesen wird. Dieser Fehler ist freilich absolut sehr klein, relativ jedoch ist er verschieden je nach dem Procentgehalte von Kohlensäure, so dass er für eine, ungefähr 1 % Kohlensäure enthaltende Gasmischung, mehr als 10 % der ganzen Kohlensäuremenge betragen kann. Da uns jedoch keine geeignetere Methode bekannt war, so waren wir genöthigt, die Bunsen'sche auch bei dieser Versuchsreihe zu behalten. Um jedoch von den Fehlern möglichst frei zu sein, sind überall doppelte Analysen ausgeführt und nur diejenigen als verlässlich angenommen worden, wo die Unterschiede nicht mehr als 0.15 bis 0.18 % betrugen. Das Mittel aus beiden Analysen wurde dann für Berechnung des Versuches benützt.

Da wir, um die Resultate einzelner Versuche mit einander vergleichen zu können, dieselben auf eine Zeiteinheit reduciren mussten, nämlich auf 1 Min., so konnte auch die Zeitbestimmung als Fehlerquelle auftreten; um ihn zu vermeiden, haben wir die Zeit auf der rotirenden Trommel des Kymographions notirt, indem ein allmälig absinkender Schreibstift im Beginn des Versuches gegen die Papierfläche gedrückt und zu Ende desselben abgehoben wurde.

Auf diesem Wege war es möglich, die Zeit bis auf 0.05 Min.

genau zu erhalten; es können also von dieser Seite keine Fehler in unseren Versuchen vorkommen.

Aus diesen Betrachtungen ergeben sich folgende Maximalfehler, welche in unseren Versuchsresultaten (Kohlensäure und Sauerstoffmenge für 1 Min.) vorkommen können.

Für Sauerstoff ist das Maximum des Fehlers 8.5 % der berechneten Menge.

Für Kohlensäure ist der Maximalfehler vom Kohlensäuregehalte der exspirirten Luft abhängig; beim Procentgehalte von 1.5 % ist der Maximalfehler gleich 12 %, bei 2 % gleich 9 % der berechneten Menge.

Die effectiven Fehler liegen jedoch in den meisten Versuchen unterhalb dieser Grenzen, wie man sich aus der Betrachtung einzelner Versuche überzeugen kann.

Nachdem wir den Gang des Versuches erklärt haben, erübrigt nur noch zu bemerken, dass jeder der unten folgenden Versuche eigentlich aus zwei getrennten Versuchen besteht; es wurden nämlich zuerst die Respirationsproducte eines möglichst ruhig liegenden Thieres bestimmt und dann dieselben Bestimmungen wiederholt, während die Muskeln der Hinterbeine in eine tetanische Contraction versetzt wurden. Diese letztere wurde durch Reizung der in die Hinterbeine aus dem Becken eintretenden Nerven bewerkstelligt; man applicirte dem Kaninchen zwei kleine befeuchtete Schwämmchen an die Leistengegend und verband dieselben mit der einen Elektrode des Du Bois'schen Schlittenapparates; ein etwas grösseres Schwämmchen, auf dem Rücken des Thieres befestigt, wurde mit der andern Elektrode verbunden. Auf diese Weise gelang es, die Muskeln der Hinterbeine in einen, während der ganzen Versuchsdauer anhaltenden Tetanus zu versetzen.

Erster Versuch.

Mittelgrosses, graues Kaninchen.

a) Während der Ruhe.

Versuchsdauer 7.6 Min., Athemzüge 92.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.
Inspir. Luft . .	21.0	0.7189	9821.3	6.5566
Exspir. „ . . .	21.0	0.7192	9754.2	6.5145

Absorptionsrohr C.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Anfangsvolum . .	20.9	0.7245	36.251	24.397	0.611 %
Nach CO^2 absorpt.	20.9	0.7425	35.157	24.248	

Absorptionsrohr F.

Anfangsvolum . .	20.9	0.7300	38.325	25.739	0.649 %
Nach CO^2 absorpt.	20.9	0.7442	36.992	25.572	

Eudiometer E.

Anfangsvolum . .	21.1	0.6097	34.010	19.249	19.778
Nach H-Zusatz .	21.1	0.7171	50.500	33.616	
„ Verpuffung .	21.2	0.6339	37.715	22.186	

Eudiometer L.

Anfangsvolum . .	21.1	0.5183	40.040	19.264	19.778
Nach H-Zusatz .	21.1	0.6186	55.580	31.916	
„ Verpuffung .	21.2	0.5297	41.660	20.478	

100 Vol. Luft enthalten:

$CO^2 = 0.630$
$O = 19.654$
$N = 79.716$

	CO^2	O	N
6556.6 Cub.-Cent. inspir. Luft enthalten:	3.28	1373.80	5179.52
6714.5 „ „ exspir. „ „	41.04	1280.40	5193.06

Auf 1 Min.: $CO^2 = + \ 4.97$, $O = - \ 12.29$ $\quad Q = \frac{CO^2}{O} = 0.404$

Beobachtungsfehler + Stickstoff = + 13.54 Cub.-Cent.

b) Während der Tetanisirung.

Versuchsdauer 6.5 Min., Athemzüge 82.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.
Inspir. Luft . .	21.3	0.7183	9708.6	6468.9
Exspir. „	21.7	0.7214	9742.0	6510.9

Absorptionsrohr P.

Anfangsvolum . .	20.6	0.7244	41.480	27.999	1.425 %
Nach CO^2 absorpt.	20.8	0.7447	39.886	27.600	

Absorptionsrohr K.

Anfangsvolum . .	20.9	0.7244	32.348	21.769	1.406 %
Nach CO^2 absorpt.	20.8	0.7462	30.954	21.463	

Eudiometer E.

Anfangsvolum . .	21.0	0.6225	35.934	20.772	19.854 %
Nach H-Zusatz .	21.1	0.7211	51.155	34.244	
„ Verpuffung .	21.2	0.6308	37.349	21.864	

Eudiometer L.

Anfangsvolum . .	21.0	0.4995	36.807	17.072	19.927 %
Nach H-Zusatz .	21.1	0.6054	53.537	30.088	
„ Verpuffung .	21.2	0·5241	40.866	19.876	

100 Vol. exspirirte Luft enthalten:

$CO^2 = 1.416$
$O = 19.610$
$N = 78.974$

	CO^2	O	N
6468.9 Cub.-Cent. inspir. Luft enthalten:	3.23	1355.40	5110.27
6510.9 „ „ exspir. „ „	92.19	1276.70	5142.01

Auf 1 Min.: $CO^2 = + 13.69$, $O = - 12.11$; $Q = 1.13$.

Beobachtungsfehler + Stickstoff = + 31.74 Cub.-Cent.

Zweiter Versuch.

a) Während der Ruhe.

Versuchsdauer = 9.2 Min.; Athemzüge 80.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Inspir. Luft . .	21.8	0.7141	9863.6	6523.1	
Exspir. „	22.0	0.7146	9766.8	6459.7	
Absorptionsrohr K.					
Anfangsvolum . .	20.0	0.7265	33.120	22.421	1.213 %
Nach CO^2 absorpt.	20.7	0.7348	32.429	22.149	
Absorptionsrohr P.					
Anfangsvolum . .	20.0	0.7340	42.722	29.219	1.123 %
Nach CO^2 absorpt.	20.7	0.7386	42.080	28.891	
Eudiometer E.					
Anfangsvolum . .	20.6	0.5919	31.104	17.118	19.541 %
Nach H-Zusatz .	20.5	0.6807	44.643	28.268	
„ Verpuffung .	20.6	0.6027	32.531	18.232	
Eudiometer L.					
Anfangsvolum . .	20.1	0.5314	37.161	18.394	19.599 %
Nach H-Zusatz .	20.3	0.6136	50.639	28.924	
„ Verpuffung .	20.4	0.5262	36.968	18.100	

100 Vol. exspir. Luft enthalten:

$CO^2 = 1.168$
$O = 19.342$
$N = 79.490$

	CO^2	O	N
6523.10 Cub.-Cent. inspir. Luft enthalten:	3.26	1366.80	5153.40
6459.70 „ „ exspir. „ „	75.45	1249.40	5134.85

Auf 1 Min.: $CO^2 = + 7.85$, $O = - 12.76$; $Q = 0.615$.

Beobachtungsfehler + Stickstoff = — 18.19.

b) während der Tetanisirung.

Versuchsdauer 5.1 Min., Athemzüge 106.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Inspir. Luft . .	22.1	0.7139	9759.7	6446.3	
Exspir. „ . . .	22.1	0.7160	97.830	6450.9	
Absorptionsrohr K.					
Anfangsvolum . .	20.7	0.7234	34.569	23.247	1.385 %
Nach CO^2 absorpt.	20.0	0.7403	33.233	22.925	
Absorptionsrohr P.					
Anfangsvolum . .	20.7	0.7258	44.067	29.732	1.500 %
Nach CO^2 absorpt.	20.0	0.7447	42.204	29.286	
Eudiometer E.					
Anfangsvolum . .	19.9	0.6070	32.547	18.415	19.690 %
Nach H-Zusatz .	20.1	0.6765	44.147	27.817	
„ Verpuffung .	20.4	0.5904	30.816	16.929	
Eudiometer L.					
Anfangsvolum . .	19.9	0.5145	38.258	18.348	19.747 %
Nach H-Zusatz .	20.1	0.5969	52.249	29.048	
„ Verpuffung .	20.4	0.5089	38.371	18.169	

100 Vol. exspir. Luft enthalten:

CO^2 = 1.443
O = 19.435
N = 79.122

	CO^2	O	N
6446.30 Cub.-Cent. inspir. Luft enthalten:	3.22	1350.7	5092.38
6450.90 „ „ exspir. „ „	93.09	1253.7	5104.11

Auf 1 Min.: $CO^2 = + 17.62$, $O = - 19.03$, $Q = 0.927$.

Beobachtungsfehler + Stickstoff = + 11.73 Cub.-Cent.

Dritter Versuch.

a) Während der Ruhe.

Versuchsdauer 14.3 Min., Athemzüge 76.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Inspir. Luft . .	21.3	0.7161	9887.4	6567.8	
Exspir. „ . . .	21.6	0.7240	9717.6	6520.1	
Absorptionsrohr P.					
Anfangsvolum . .	21.7	0.7216	38.519	25.748	1.181 %
Nach CO^2 absorpt.	19.1	0.7435	36.617	25.444	
Absorptionsrohr K.					
Anfangsvol. . . .	21.7	0.7227	35.680	23.886	1.202 %
Nach CO^2 absorpt.	19.1	0.7408	34.086	23.599	

Eudiometer E.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Anfangsvolum . .	20.5	0.5640	26.912	14.120	19.186 %
Nach H-Zusatz .	20.6	0.6349	37.699	22.258	
„ Verpuffung .	20.8	0.5659	26.864	14.126	

Eudiometer L.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Anfangsvolum . .	20.5	0.5247	36.759	17.942	19.268 %
Nach H-Zusatz .	20.6	0.6160	50.961	29.193	
„ Verpuffung .	20.8	0.5340	37.918	18.815	

100 Vol. exspir. Luft enthalten:

$CO^2 = 1.192$
$O = 18.998$
$N = 79.810$

	CO^2	O	N
6567.8 Cub.-Cent. inspir. Luft enthalten:	3.3	1376.2	5188.3
6520.1 „ „ exspir. „ „	77.7	1238.7	5203.7

Auf 1 Min.: $CO^2 = + 5.20$ Cub.-Cent.
$O = - 9.62$ „ „ $Q = 0.54.$

Beobachtungsfehler + Stickstoff = + 15.4 Cub.-Cent

b) Während der Tetanisirung.

Versuchsdauer = 9.6 Min.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.
Inspir. Luft . .	21.8	0.7153	9900.8	6558.6
Exspir. „	22.0	0.7249	9742.8	6536.6

Absorptionsrohr A.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Anfangsvolum . .	21.0	0.7190	42.533	28.399	2.159 %
Nach CO^2 absorpt.	21.3	0.7450	40.207	27.786	

Absorptionsrohr H.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Anfangsvolum . .	21.0	0.7210	38.813	25.988	2.074 %
Nach CO^2 absorpt.	21.3	0.7430	36.924	25.449	

Eudiometer E.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Anfangsvolum . .	21.2	0.5563	24.763	12.782	19.355 %
Nach H-Zusatz .	21.4	0.6293	36.983	21.582	
„ Verpuffung .	21.6	0.5651	27.024	14.153	

Eudiometer L.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Anfangsvolum . .	21.2	0.4991	31.720	14.689	19.409 %
Nach H-Zusatz .	21.4	0.5791	45.224	24.286	
„ Verpuffung .	21.6	0.5055	33.571	15.728	

100 Vol. exspir. Luft enthalten:

$CO^2 = 2.117$
$O = 18.972$
$N = 78.911$

	CO^2	O	N
6558.6 Cub.-Cent. inspir. Luft enthalten:	3.28	1374.20	5181.12
6536.6 „ „ exspir. „ „	138.40	1240.10	5158.10

Auf 1 Min.: $CO^2 = + 14.08$, $O = - 13.97$; $Q = 1.01$

Beobachtungsfehler + Stickstoff = — 23.02 Cub.-Cent.

Vierter Versuch.

a) Während der Ruhe.

Versuchsdauer = 9.6 Min., Athemzüge 82.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Inspir. Luft . .	22.0	0.7174	9880.1	6560.3	
Exspir. „ . . .	22.4	0.7230	9742.3	6509.6	
Absorptionsrohr Z.					
Anfangsvolum . .	22.0	0.7198	40.321	26.861	1.616 %
Nach CO^2 absorpt.	19.3	0.7404	38.212	26.427	
Absorptionsrohr A.					
Anfangsvolum . .	22.0	0.7206	42.920	28.624	1.607 %
Nach CO^2 absorpt.	19.3	0.7439	40.533	28.164	
Eudiometer E.					
Anfangsvolum . .	22.3	0.5950	31.720	17.447	19.304 %
Nach H-Zusatz .	22.3	0.6662	42.599	26.237	
„ Verpuffung .	22.4	0.5844	29.856	16.127	
Eudiometer L.					
Anfangsvolum . .	22.3	0.4747	28.596	12.549	19.388 %
Nach H-Zusatz .	22.3	0.5509	40.429	20.591	
„ Verpuffung .	22.4	0.4834	29.739	13.287	

100 Vol. exspir. Luft enthalten:

$CO^2 = 1.612$
$O = 19.034$
$N = 79.354$

	CO^2	O	N
6560.3 Cub.-Cent. inspir. Luft enthalten:	3.3	1374.6	5182.4
6509.6 „ „ exspir. „ „	104.9	1239.0	5165.7

Auf 1 Min.: $CO^2 = + 10.58$ Cub.-Cent., $O = - 14.13$ „ „; $Q = 0.75$

Beobachtungsfehler + Stickstoff = — 16.7 Cub.-Cent.

b) Während der Tetanisirung.

Versuchsdauer — 7.1 Min., Athemzüge 104.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.
Inspir. Luft . .	22.5	0.7166	9758.1	6461.0
Exspir. „ . . .	22.5	0.7159	9738.6	6441.7

Absorptionsrohr F.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Anfangsvolum . .	22.0	0.7243	40.134	26.904	2.160 %
Nach CO^2 absorpt.	19.4	0.7399	38.104	26.333	

Absorptionsrohr C.

Anfangsvol. . . .	22.0	0.7242	37.115	24.877	2.183 %
Nach CO^2 absorpt.	19.4	0.7385	35.291	24.334	

Eudiometer E.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Anfangsvolum . .	19.7	0.6052	31.472	17.765	19.341 %
Nach H-Zusatz .	19.8	0.6872	44.989	28.826	
„ Verpuffung .	20.0	0.6083	32.659	18.512	

Eudiometer L.

Anfangsvolum . .	19.7	0.5490	38.663	19.798	19.386 %
Nach H-Zusatz .	19.8	0.6436	54.342	32.610	
„ Verpuffung .	20.0	0.5573	40.607	21.087	

100 Vol. exspirirte Luft enthalten:

CO^2 = 2.172
O = 18.944
N = 78.884

	CO^2	O	N
6461.0 Cub.-Cent. inspir. Luft enthalten:	3.2	1353.8	5104.0
6441.7 „ „ exspir. „ „	139.9	1220.3	5181.5

Auf 1 Min.: CO^2 = + 19.25 Cub.-Cent.
O = — 18.80 „ „   Q = 1.02.

Beobachtungsfehler + Stickstoff = + 22.5 Cub.-Cent.

Fünfter Versuch.

a) Während der Ruhe.

Versuchsdauer = 9.2 Min.; Athemzüge 140.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.
Inspir. Luft . .	24.5	0.7181	9898.6	6523.7
Exspir. „ . . .	24.9	0.7178	9762.0	6422.0

Absorptionsrohr F.

Anfangsvolum . .	24.5	0.7291	41.099	27.501	1.055 %
Nach CO^2 absorpt.	26.0	0.7478	39.853	27.211	

Absorptionsrohr C.

Anfangsvolum . .	24.5	0.7267	38.368	25.509	1.051 %
Nach CO^2 absorpt.	26.0	0.7468	37.134	25.320	

Eudiometer E.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Anfangsvolum . .	25.0	0.6076	33.101	18.428	18.950 %
Nach H-Zusatz .	25.0	0.6868	45.130	28.396	
„ Verpuffung .	25.0	0.6046	32.341	17.913	

Eudiometer L.

Anfangsvolum . .	25.0	0.5445	39.100	19.505	19.016 %
Nach H-Zusatz .	25.0	0.6329	52.845	30.639	
„ Verpuffung .	25.0	0.5456	39.036	19.504	

100 Vol. exspir. Luft enthalten:

$CO^2 = 1.053$
$O = 18.783$
$N = 80.164$

	CO^2	O	N
6523.7 Cub.-Cent. inspir. Luft enthalten:	3.3	1366.9	5153.5
6422.0 „ „ exspir. „ „	67.6	1206.2	5148.2

Auf 1 Min.: $CO^2 = + 6.99$ Cub.-Cent.
$O = - 17.47$ „ „ $Q = 0.40$.

Beobachtungsfehler + Stickstoff = — 5.3.

b) Während der Tetanisirung.

Tetanisirung von $10^h\ 24^m$ — $10^h\ 34^m$; Ruhe bis $11^h\ 5^m$, dann wiederum Tetanisirung. Um die letzte Zeit wurden auch die unten folgenden Respirationsbestimmungen ausgeführt. Während des Versuches stellten sich Erstickungserscheinungen ein (blaue Lippen und Nase, Krämpfe), obwohl die Athemzüge sehr frequent waren und die Sauerstoffeinnahme, wie man aus Folgendem sieht, im Vergleich mit dem Ruhezustande sehr bedeutend gestiegen war.

Versuchsdauer 5.1 Min., Athemzüge 130.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.
Inspir. Luft . .	25.1	0.7176	9805.6	6444.5
Exspir. „	25.2	0.7183	9741.2	6406.1

Absorptionsrohr Z.

Anfangsvolum . .	24.7	0.7321	40.525	27.210	1.595 %
Nach CO^2 absorpt.	26.0	0.7486	39.174	26.776	

Absorptionsrohr P.

Anfangsvolum . .	24.7	0.7351	44.067	29.709	1.626 %
Nach CO^2 absorpt.	26.0	0.7507	42.639	29.226	

Eudiometer E.

Anfangsvolum . .	25.7	0.5609	26.240	13.452	18.934 %
Nach H-Zusatz .	25.7	0.6256	36.157	20.675	
„ Verpuffung .	25.8	0.5577	25.568	13.029	

Eudiometer L.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Anfangsvolum . .	25.7	0.5317	37.773	18.356	19.002 %
Nach H-Zusatz .	25.7	0.6137	50.520	28.339	
„ Verpuffung .	25.8	0.5283	37.016	17.869	

100 Vol. exspir. Luft enthalten:

CO^2 = 1.611
O = 18.663
N = 79.726

	CO^2	O	N
6444.5 Cub.-Cent. inspir. Luft enthalten:	3.2	1350.3	5091.0
6406.1 „ „ exspir. „ „	103.2	1195.5	5107.4

Auf 1 Min.: CO^2 = + 19.61 Cub.-Cent.
O = — 30.35 „ „ Q = 0.646.

Beobachtungsfehler + Stickstoff = + 16.4 Cub.-Cent.

Sechster Versuch.

In diesem Versuche wollten wir die Veränderungen bestimmen, welche durch eine lange Zeit dauernde Tetanisirung der hinteren Extremitäten in dem Gasumtausche des Körpers hervorgebracht werden. Dem entsprechend wurde die erste Versuchsabtheilung um 9^h 40^m und zwar gleichzeitig mit der Tetanisirung angefangen; nach Beendigung dieser Abtheilung wurde die Tetanisirung immer fortgesetzt und um 10^h 40^m die zweite Abtheilung des Versuches ausgeführt.

In diesem Versuche wurden dieselben Erstickungserscheinungen beobachtet, wie in dem vorigen.

a) Während der Tetanisirung 1 Mal.

Versuchsdauer 6.5 Min., Athemzüge 108.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.
Inspir. Luft . .	22.5	0.7202	10015.8	6664.9
Exspir. „ . . .	22.7	0.7307	9751.2	6578.6

Absorptionsrohr F.

Anfangsvolum . .	23.0	0.7290	40.817	27.447	1.326 %
Nach CO^2 absorpt.	23.4	0.7507	39.169	27.083	

Absorptionsrohr C.

Anfangsvolum . .	23.0	0.7286	37.115	24.944	1.331 %
Nach CO^2 absorpt.	23.4	0.7506	35.598	24.612	

Eudiometer E.

Anfangsvolum . .	23.4	0.6167	34.328	19.501	19.147 %
Nach H-Zusatz .	23.4	0.6940	46.088	29.461	
„ Verpuffung .	23.4	0.6076	32.611	18.250	

Eudiometer L.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Anfangsvolum . .	23.4	0.5775	44.382	23.610	19.182 %
Nach H-Zusatz .	23.4	0.6713	58.856	36.392	
„ Verpuffung .	23.4	0.5729	43.199	22.795	

100 Vol. Luft enthalten:

CO^2 = 1.329
O = 18.910
N = 79.761

	CO^2	O	N
6664.9 Cub.-Cent. inspir. Luft enthalten:	3.3	1396.5	5265.1
6578.6 „ „ exspir. „ „	87.4	1244.0	5247.2

Auf 1 Min.: CO^2 = + 12.94 Cub.-Cent.
O = — 23.46 „ „ Q = 0.552

Beobachtungsfehler + Stickstoff = — 17.9 Cub.-Cent.

b) Während der Tetanisirung 2. Mal (Tetanisirungsdauer = 26 Min.); Versuchsdauer 6.6 Min.; Athemzüge 128.

	Temp.	Druck in M. Hg.	Vol. in CbC.	Vol. b. 0° u. 1 M.	
Inspir. Luft . .	22.9	0.7197	9762.6	6483.2	
Exspir. „	22.9	0.7205	9702.8	6450.6	
Absorptionsrohr Z.					
Anfangsvolum . .	22.9	0.7298	41.172	27.724	1.998 %
Nach CO^2 absorpt.	23.4	0.7508	39.285	27.170	
Absorptionsrohr P.					
Anfangsvolum . .	22.9	0.7295	44.005	29.620	2.239 %
Nach CO^2 absorpt.	23.4	0.7519	41.894	29.016	
Eudiometer E.					
Anfangsvolum . .	22.5	0.8510	28.096	15.082	18.817 %
Nach H-Zusatz .	22.6	0.6495	38.617	23.164	
„ Verpuffung .	22.7	0.5780	27.440	14.644	
Eudiometer L.					
Anfangsvolum . .	22.5	0.5007	31.430	14.540	18.907 %
Nach H-Zusatz .	22.6	0.5788	43.604	23.308	
„ Verpuffung .	22.7	0.5069	32.170	15.056	

100 Vol. exspir. Luft enthalten:

CO^2 = 2.019
O = 18.481
N = 79.500

	CO^2	O	N
6483.2 Cub.-Cent. inspir. Luft enthalten:	3.2	1358.4	5121.6
6450.6 „ „ exspir. „ „	130.2	1192.2	5128.2

Auf 1 Min.: CO^2 = + 19.24 Cub.-Cent.
O = — 25.18 „ „ Q = 0.764.

Beobachtungsfehler + Stickstoff = + 6.6 Cub.-Cent.

Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Vers.		Versuchsdauer in Min.	Athemzüge	In 1 Min. CO^2 CbC.	O	Q	Beobachtungsfehl. + N im Ganzen. CbC.	
1.	a	7.6	92	4.97	12.29	0.404	+ 13.54	Ruhe.
	b	6.5	82	13.69	12.11	1.13	+ 31.74	Tetanisirung.
2.	a	9.2	80	7.85	12.76	0.615	— 18.19	Ruhe.
	b	5.1	107	17.62	19.02	0.927	+ 11.73	Tetanisirung.
3.	a	14.3	76	5.20	9.62	0.541	+ 15.4	Ruhe.
	b	9.6	—	14.08	13.97	1.008	— 23.02	Tetanisirung.
4.	a	9.6	82	10.58	14.13	0.749	— 16.7	Ruhe.
	b	7.1	104	19.25	18.80	1.024	— 22.5	Tetanisirung.
5.	a	9.2	140	6.99	17.47	0.400	— 5.3	Ruhe.
	b	5.1	130	19.61	30.35	0.646	+ 16.4	Tetanisirung.
6.	a	6.5	108	12.94	23.46	0.552	— 17.9	Tetanisir. 1.
	b	6.6	128	19.24	25.18	0.764	+ 6.6	„ 2.

Die Betrachtung dieser Tabelle zeigt, dass durch Tetanisirung der Muskeln der hinteren Extremitäten der gesammte Gasumtausch des Körpers sehr bedeutend steigt.

Die Vermehrung trifft besonders die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure; am auffallendsten zeigte sich dieselbe im fünften Versuche, wo sie 180.5 % der ursprünglichen Menge betrug; die geringste wurde im vierten Versuche beobachtet — sie war hier 82.0 %.

Weniger bedeutend ist die Vermehrung des absorbirten Sauerstoffes; nur im sechsten Versuche stieg dieselbe bis 73.7 %; in den übrigen blieb sie unter 50 %; in dem ersten Versuche wurde selbst eine geringe Verminderung der Sauerstoffaufnahme beobachtet, obwohl in derselben Zeit die Kohlensäureausscheidung um 175.5 % stieg.

Man sieht daraus, dass die Veränderung der Sauerstoffaufnahme nicht derjenigen der Kohlensäureausscheidung proportional ist; durch diesen Umstand wird aber auch das Verhältniss der ausgeschiedenen Kohlensäure zum absorbirten Sauerstoff verändert und zwar vergrössert, weil die Vermehrung der Kohlensäureausscheidung grösser ist, als die der Sauerstoffaufnahme; es wird also während des Tetanisirens mehr Kohlensäure auf ein Volum Sauerstoff ausgeschieden, als in der Muskelruhe. Da die Thatsache für die Lehre von der Muskelcontraction von der grössten Wichtigkeit ist, so wollen wir dieselbe etwas näher betrachten.

Uebersieht man die Columne Q, wo die Werthe des Quotienten $\frac{CO^2}{O}$ verzeichnet sind, so sieht man zuerst, dass die-

selben meistentheils für das ruhige Thier und in den letzten Versuchen auch einmal für das tetanisirte weit unter dem geringsten Werth (0.62) liegen, welcher durch die berühmten Untersuchungen von Regnault und Reiset für ein mit animalischer Nahrung gefüttertes Thier festgesetzt ist. Zur Verständigung müssen wir bemerken, dass unsere Quotienten mit denjenigen der soeben erwähnten Gelehrten nicht verglichen werden können, da wir nicht das mittlere Verhältniss von Kohlensäure und Sauerstoff für längere Zeiten, sondern nur für eine sehr kurze Zeit und dazu noch solcher Kaninchen darlegen, die vor dem Versuch mit Milch und Semmel gefüttert waren. Da keine organische Verbindung des thierischen Körpers bekannt ist, welche bei vollständiger Verbrennung auf 100 Volumen verbrauchten Sauerstoff nur 40 Vol. CO^2 abgibt, so muss man annehmen, dass von unseren Thieren ein Theil des Sauerstoffes zur partiellen Oxydation verwendet ist, der dann in späterer Zeit der Kohlenstoffbildung zu Gute kommen wird.

Es haben somit alle Versuche gezeigt, dass die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure im Verhältniss zum absorbirten Sauerstoff grösser war während der Muskelcontraction als während der Ruhe. Die Ursache davon konnte eine doppelte sein; es wurde entweder während der Muskelcontraction die Ausscheidung der im Blute schon vorhandenen Kohlensäure durch irgend welche Umstände begünstigt, oder es ist die Kohlensäurebildung im Verhältniss zum Sauerstoffverbrauch während der Muskelcontraction grösser geworden.

Die erste Vermuthung fällt sogleich zu Boden, wenn man die Menge der im gesammten Blute des Kaninchen vorhandenen Kohlensäure berücksichtigt; nehmen wir das Gewicht eines Kaninchens zu 2 Kgrm. an (die meisten wiegen aber weniger), so enthält dasselbe ungefähr 105.23 Cub.-Cent. Blut; beim Kohlensäuregehalt von 30 Vol. proc. enthält also das gesammte Blut nur 31.6 Cub.-Cent. Kohlensäure. Gesetzt nun, dass das Blut am Ende des Versuches um die Hälfte ärmer an Kohlensäure geworden ist, so könnte aus diesem Grunde die Kohlensäureauscheidung während des kürzesten Versuches (5.1 M.) nur um etwa 3 Cub.-Cent. in einer Minute vermehrt werden, in allen unseren Versuchen ist aber die Vermehrung der Kohlensäure bedeutend grösser.

Wir sind also genöthigt, den Grund der vermehrten Kohlensäureauscheidung in der relativ grösseren Bildung derselben in den in Contraction begriffenen Muskeln zu suchen. Wir wollen aber hier noch bemerken, dass die Zahlenwerthe für die ausgeschiedene Kohlensäure und den absorbirten Sauerstoff,

wie sie in unserer Tabelle enthalten sind, uns noch keinen reinen Aufschluss geben über den Gasumtausch in den hinteren Extremitäten; sie enthalten nämlich nicht blos diesen letzteren, sondern auch denjenigen des ganzen übrigen Körpers, und eine genaue Vorstellung über die Verhältnisse des Gasumtausches der hinteren Extremitäten wäre nur dann möglich, wenn wir von den Werthen unserer Tabelle diejenigen für den übrigen Körper abziehen könnten. Leider ist die Grösse des Gasumtausches der verschiedenen Körpertheile unbekannt; es kann also auch diejenige für die hinteren Extremitäten nicht genau bestimmt werden. Eine ungefähre Vorstellung können wir aber auf folgende Weise erhalten: nehmen wir an, die Grösse des Gasumtausches in verschiedenen Theilen des Körpers sei den Gewichten desselben proportional, so beträgt die Grösse desselben für die hinteren Extremitäten ungefähr ein Drittel des gesammten Gasumtausches des Körpers. Setzen wir weiter voraus, dass durch Tetanisirung der Muskeln der hinteren Extremitäten der Gasumtausch nur in denselben, nicht aber im übrigen Körper verändert wird, so sind wir im Stande, den Gasumtausch der hinteren Extremitäten zu bestimmen sowohl für die Zeit der Muskelruhe als für die der Muskelcontraction.

Wir wollen es nicht verhehlen, dass diese beiden Annahmen hypothetisch sind; sie können jedoch nicht weit von der Wahrheit entfernt liegen. Die grosse Muskelmasse der hinteren Extremitäten macht unsere erste Annahme nicht wahrscheinlich; was die zweite betrifft, so lässt es sich zwar mit grosser Wahrscheinlichkeit vermuthen, dass die heftige Tetanisirung der Hinterbeine nicht blos den Gasumtausch in denselben, sondern auch in dem ganzen übrigen Körper verändern wird, soweit man aber schliessen kann, wird dadurch der Gasumtausch desselben eher erniedrigt als erhöht. Durch den grossen Verbrauch des Sauerstoffes und durch die vermehrte Bildung der Kohlensäure in den sich contrahirenden Muskeln wird der Gehalt des Blutes an Sauerstoff geringer, an Kohlensäure aber grösser; beide Umstände müssen jedoch nothwendig den Gasumtausch in den übrigen Körpertheilen herabdrücken. Dass die vermehrte Zahl der Athemzüge und die etwaigen Veränderungen des Blutstromes diese Wirkung des Tetanisirens nicht compensiren können, sieht man aus der schwarzen Farbe des Blutes und den Erstickungserscheinungen, welche sich beim anhaltenden Tetanisiren einstellen. Daraus könnte man aber schliessen, dass die unten für die Tetanisirungszeit berechneten Zahlen eher zu klein als zu gross sind.

Wir müssen endlich noch eines Umstandes erwähnen, welcher das Verhältniss der ausgeschiedenen Kohlensäure zum absorbirten Sauerstoff unabhängig von der gesteigerten Bildung von Kohlensäure in den Muskeln vergrössern könnte; er besteht darin, dass das Blut am Ende des Tetanisirens jedesmal Sauerstoff-ärmer gefunden wurde, als vor demselben, was die intensiv schwarze Färbung desselben zeigte. Diese Menge des Sauerstoffes, welche das Blut während des Versuches verloren hat, sollte man zu der von uns bestimmten hinzufügen, um den wahren Sauerstoffverbrauch zu finden. Da wir dieses nicht gethan haben, so sind die Zahlen für Sauerstoff etwas zu klein; der Fehler kann aber nicht erheblich sein, wie man sich überzeugt, wenn man die ganze Menge von Sauerstoff bestimmt, welche im gesammten Blute des Kaninchens enthalten sein kann. Nehmen wir an, das Blut enthielte im Mittel 13 % Sauerstoff, so ist die Menge dieses Gases im gesammten Blute nicht grösser als 13.7 Cub.-Cent.; setzen wir jetzt voraus, das Blut hätte während der Tetanisirung die Hälfte seines Sauerstoffes verloren, so ist der ganze Fehler nicht grösser als 7 Cub.-Cent.

Folgende Tabelle enthält die Mengen der in den hinteren Extremitäten gebildeten Kohlensäure und des verbrauchten Sauerstoffes, nach obigen Voraussetzungen berechnet:

Vers.	in 1 Min. CO_2	in 1 Min. O	Q	
1.	1.66	4.10	0.41	Ruhe.
	10.37	3.92	2.65	Tetanisirung.
2.	2.62	4.25	0.62	Ruhe.
	12.38	10.52	1.18	Tetanisirung.
3.	1.73	3.21	0.54	Ruhe.
	10.62	7.55	1.41	Tetanisirung.
4.	3.53	4.71	0.75	Ruhe.
	12.19	9.38	1.30	Tetanisirung.
5.	2.33	5.82	0.40	Ruhe.
	14.95	18.71	0.80	Tetanisirung.

Aus dieser Tabelle sieht man ganz deutlich, wie auffallend der Gasumtausch in den hinteren Extremitäten durch die Muskelcontraction gesteigert wird. Betrachtet man aber genauer die Vergrösserung der Zahlenwerthe für Kohlensäure und Sauerstoff, so sieht man, dass die Vergrösserung derselben nicht einander proportional ist; dass überall die Vermehrung der ausgeschiedenen Kohlensäure grösser ist als die des absorbirten Sauerstoffes. Es wird also während der Muskelcon-

traction mehr Kohlensäure auf ein bestimmtes Volum Sauerstoff gebildet, als während der Muskelruhe.

Diese Thatsache weiset darauf hin, dass in den sich contrahirenden Muskeln andere Zersetzungen stattfinden, als in ruhenden; welcher Art aber diese Zersetzungen sind, lässt sich zur Zeit noch nicht bestimmen. Der Umstand, dass die durch dieselben gelieferte Kohlensäuremenge grösser ist, als die Menge des verbrauchten Sauerstoffs, lässt zwei Erklärungen zu: entweder werden während der Zusammenziehung in den Muskeln Substanzen verbrannt, welche sehr reich an Sauerstoff sind, wie z. B. die von Scherer in den Muskeln nachgewiesene Ameisen- und Essigsäure, oder es wird Kohlensäure auf anderen Wegen, ohne Beihülfe des eingeathmeten Sauerstoffes, durch Verbrauch des constitutionellen Sauerstoffes der Atome gebildet.

Welche von diesen zwei Erklärungen die richtige ist, können nur weitere Untersuchungen feststellen.

Veränderungen der Hautgefühle unter dem Einflusse elektrischer Reizung.

Von

Nadjeschda Suslowa.

Die vorliegende Untersuchung hat die Entscheidung der Frage zur Aufgabe, ob die durch die neuere Elektrophysiologie gewonnenen Grundthatsachen der elektrischen Nervenreizung auch für die Ausbreitung der sensiblen Nerven in der Haut des Menschen ihre Geltung behalten. Sie umfasst somit die Veränderungen der Hautgefühle unter der Einwirkung constanter und in ihrer Stärke schwankender Ströme. Es ist weiter bekannt, dass die Hautgefühle einen verschiedenen Charakter je nach der Art der Reizung darbieten. 1) Druckempfindungen im weitesten Sinne entstehen im Allgemeinen bei der Berührung der empfindenden Hautfläche mit äusseren Körpern; 2) wenn diese Körper eine von der Haut verschiedene Temperatur besitzen, so entstehen zugleich Nebenempfindungen, welche mit dem Namen der thermischen bezeichnet werden; 3) Empfindungen des Schmerzes, in welche die beiden ersten übergehen, wenn die Reizung einen gewissen Grad ihrer Stärke überschreitet; 4) die empfindende Hautoberfläche kann endlich noch untersucht werden in Bezug auf ihr Vermögen zwei oder mehrere nebeneinanderliegende Reizungen als vereinzelt wahrzunehmen (Feinheit des Ortssinnes). Die ganze Frage gestaltet sich folglich so: was für Einfluss hat die elektrische Reizung der Haut auf alle diese Arten von Gefühlen?

Leider war ich bis jetzt noch nicht im Stande, die Frage in ihrem ganzen Umfange zu erledigen: es sind einstweilen

die Veränderungen der Druckempfindungen im engeren Sinne und die des Schmerzes ausgeschlossen geblieben.

a) Was zunächst die Veränderungen der Tastempfindungen unter dem Einflusse schwankender elektrischer Ströme betrifft, so ist zuvörderst zu bemerken, dass die Tastreizung möglichst schwach genommen werden muss, damit die möglichen Schwankungen der Empfindungen in Folge der elektrischen Reizung leichter percipirt werden könnten. Aber auch diese letztere darf nicht stark sein, da der Strom an und für sich schon Tastempfindungen hervorrufen kann. Zum Tastreiz bediente ich mich eines menschlichen Kopfhaares; zur elektrischen Reizung der Inductionsströme der secundären Spirale eines Schlittenapparats. Reizungsort war die Dorsalfläche der Hand. Die Inductionsströme waren so schwach genommen, dass sie an und für sich keine Tastempfindung gaben. Ich fand nun, dass der unterbrochene Strom die durch das Streichen der Haut mit dem Haare hervorgebrachten Tastempfindungen zum Verschwinden bringt, wenn der Ort der Tastreizung in die intrapolare Strecke fällt; dagegen wirkungslos bleibt, wenn dieser Ort ausserhalb der Elektroden liegt. Der Erfolg bleibt derselbe, wenn man die elektrische Reizung bis zu dem Grade verstärkt, wo sie an und für sich schon Tastempfindung hervorruft. Die Tastreizung zugleich zu verstärken, habe ich nicht versucht, da es sehr schwer sein würde, sie in constanter Stärke zu erhalten, worauf bei diesen Versuchen viel ankommt. Der erhaltene Erfolg kann vielleicht so erklärt werden: das Streichen der Haut mit dem Haare konnte vor der elektrischen Reizung deshalb empfunden werden, weil der Tastreiz in seiner ganzen Stärke nur vereinzelte Punkte der empfindlichen Haut traf; jetzt aber, wo eine verhältnissmässig grosse Empfindungsfläche elektrisch erregt wird (die Erregung existirt gewiss, obgleich nicht bewusst), die Tastreizung auf diese ganze Fläche sich ausbreitet und deshalb an jedem einzelnen Punkte viel zu schwach wird, um empfunden zu werden.

b) Die Schwierigkeiten bei der Bestimmung derselben Verhältnisse für die thermischen Empfindungen sind so gross, dass ich zu keinem positiven Resultate gelangen konnte; es gelang mir nämlich nicht, einen solchen thermischen Reiz ausfindig zu machen, der eine kaum wahrnehmbare und doch der Grösse nach constante rein thermische (d. h. ohne Einmischung des Tastgefühls) Empfindung gäbe.

c) Die dritte Reihe von Beobachtungen betraf die Einwirkung des unterbrochenen Stromes auf das Vermögen der Haut, distante Tasteindrücke einzeln wahrzunehmen. Die Versuche

hatten zuerst folgende Form: als Enden der secundären Spirale des Inductionsapparates dienten mir die Spitzen eines kupfernen Zirkels, dessen oberer Theil aus Elfenbein gemacht war. Die Zirkelspitzen stellten auf diese Weise die von einander elektrisch isolirten Elektroden dar. Man bestimmte an einer gegebenen Hautstelle die minimale Distanz der Zirkelspitzen, bei der jede der letzteren noch einen im Bewusstsein gesonderten Tasteindruck hervorbrachte und liess den Hammer des Inductionsapparates spielen. Das Resultat blieb immer dasselbe (besonders klar an der Zungenspitze); die Duplicität der Empfindung verschwand, ehe die durch den reizenden Strom in der intrapolaren Strecke hervorgebrachte Tastempfindung ebenso stark geworden war, wie die durch die Application des Zirkels bedingte*). Es ergab sich bei weiterer Untersuchung, dass man mit der Vergrösserung der intrapolaren Strecke auch die Reizung verstärken muss, um denselben Effect zu erzielen. Daraus folgt unmittelbar, dass mag auch die intrapolare Strecke beliebig gross sein, immer eine Stromstärke existirt, bei welcher zwei innerhalb dieser Strecke in der Richtung des Stromes befindliche und beliebig von einander entfernte Punkte nie als doppelt wahrgenommen werden können. Der Versuch bestätigte noch diese Vermuthung. Die Erscheinungen erklären sich von dem Gesichtspunkte der Weber'schen Theorie sehr leicht: der elektrische Strom erregt alle zwischen den Zirkelspitzen liegenden Empfindungskreise; damit aber eine doppelte Tastempfindung zu Stande komme, müssten nach der Weber'schen Theorie einige von diesen Kreisen unerregt bleiben. Um dieser Deutung der von mir beobachteten Erscheinungen noch mehr Kraft zu verleihen, reizte ich die Haut statt der Inductionsströme mit einem weichen Haarpinsel. Bewegte ich den Pinsel zwischen den Zirkelspitzen, so verschwand jedes Mal die Doppeltempfindung, blieb dagegen vorhanden, wenn man die Haut ausserhalb der Spitzen in der Richtung der sie verbindenden geraden Linie mit dem Pinselchen berührte. An Hautstellen, wo der Ortssinn nicht fein entwickelt ist, z. B. am Vorderarm, braucht sogar das Pinselchen nicht gerade zwischen den Spitzen, sondern auch in ziemlich grosser Entfernung davon (in der perpendiculären Richtung zu der geraden Linie, welche die Zirkelspitzen verbindet) bewegt zu werden, damit die Duplicität der Empfindung verschwinde. Der Versuch in der letzten Form erweckt unwillkürlich den Gedanken, der Erfolg möge

*) Durch diese Thatsache wird meiner Meinung nach die in a) gegebene Deutung der Erscheinungen gerechtfertigt. Setschenow.

vielleicht darin seinen Grund haben, dass unsere Aufmerksamkeit durch die spätere Reizung der Haut mit dem Pinsel von der früheren mit den Zirkelspitzen abgewendet wird. Wer nämlich viel Versuche mit Zirkelspitzen angestellt hat, weiss aus Erfahrung, wie man die Aufmerksamkeit anstrengen muss, um die Duplicität deutlich wahrzunehmen, wenn die Spitzen nahe an der Grenze der Duplicität liegen. Ich hielt es nicht für unnütz, auch diesen Punkt ins Auge zu fassen.

Gesetzt diese Vermuthung wäre richtig, dann müsste man erwarten, dass das Verschwinden der Duplicität mehr von der Empfindlichkeit des mit dem Pinsel berührten Ortes, als von der Entfernung des letzteren von der Applicationsstelle der Zirkelspitzen abhängen werde. Die Versuche geben eine negative Antwort. Die Zirkelspitzen wurden auf die Volarfläche des 3. Gliedes des Index, das Pinselchen aber entweder an dieselbe Stelle der anderen Hand oder an die Haut der Lippen angelegt. Die Duplicität verschwand sehr selten, grösstentheils wurde sie nur minder klar. Dagegen das Streichen der Haut in der Nähe der Spitzen bringt, wie es schon oben erwähnt wurde, ein deutliches Verschwinden derselben hervor. Es ist somit klar, dass die Abwendung der Aufmerksamkeit in dem Entstehen der Erscheinung keine grosse Rolle spielt und dass der Erfolg der Reizung mit dem Pinsel ganz gut nach der Weber'schen Annahme sich erklären lässt. Zur weiteren Beweisführung mag endlich folgende Thatsache angeführt werden: Ich habe gefunden, dass an Hautstellen, wo die Empfindungskreise klein sind, die Entfernung zwischen dem Pinsel und den Zirkelspitzen nicht so gross genommen werden darf, wie an den Orten des stumpferen Sinnes, damit die Duplicität verschwinde.

Ich wende mich jetzt zu den Veränderungen der Hautgefühle unter der Einwirkung constanter Ströme. Zunächst über die Methode der Reizung: die Batterie bestand aus zwei Bunsen'schen Elementen mit rauchender Salpetersäure. Als Elektroden dienten mir verschieden geformte amalgamirte Zinkplatten, welche vermittelst zweier mit Zinkvitriollösung durchtränkter Streifen Leinwand der Haut angelegt wurden. In der Kette befand sich ein Rheostat und ein Stromumwender. Es wurde, wie man sieht, für die Beständigkeit der Reizungsstärke genügend gesorgt.

1) Es war zunächst zu untersuchen, wie die Empfindlichkeit der Haut für einfache Tasteindrücke in der Richtung des Stromes von dem positiven Pole zum negativen sich verändert. Zu dem Zweck leitete ich den Strom in der Richtung der

Längsachse des Vorderarms zwischen zwei Zinkbraceletten, welche ungefähr 5 Ctm. von einander abstanden, und reizte die Haut mit dem Pinsel einmal in der Nähe der positiven Elektrode, das andere Mal an der Katode. Der Erfolg blieb bei jeder Stromstärke derselben: Erniedrigung der Empfindlichkeit an der Anode und Erhöhung derselbe an der Katode. Um den Einwand zu beseitigen, dass hier möglicherweise mit dem Pinsel solche Hautstellen gereizt werden, welche an und für sich schon verschiedene Empfindlichkeit gegen Berührung besitzen, braucht man nur den Strom umzuwenden.

2) Denselben Erfolg bekam ich bei der Untersuchung der thermischen Empfindungen: das Gefühl der Kälte bei der Berührung der Haut mit einem Reactivgläschen, das mit Eis gefüllt war, wurde an der Katode viel deutlicher als an dem positiven Pole.

3) Was nun den Einfluss constanter Ströme auf die Doppeltempfindungen betrifft, so musste man von dieser Reizungsart der Haut denselben Erfolg erwarten, welchen wir von dem unterbrochenen Strome erhalten haben, da bekanntlich die sensiblen Nerven ebenso gut von einem constantem Strome wie von einem in seiner Dichte schwankenden erregt werden. Die Versuche bestätigten in der That diese Erwartung. Wenn man die Zirkelspitzen, welche die Enden der Batterie darstellen, der Zungenspitze anlegt, so verschwindet die Doppeltempfindung bei Schliessung des Stromes ziemlich deutlich; an einer Fingerspitze bekam ich dagegen diesen Erfolg nie, es war nur die Doppeltempfindung minder deutlich. Es ist höchst wahrscheinlich, dass der Strom dazu nicht genügend stark war.

4) Es war endlich interessant zu wissen, ob das Unterscheidungsvermögen der Haut für distante Tasteindrücke unter der Einwirkung eines constanten Stromes an beiden Polen dieselbe Aenderung erleidet oder nicht. Für diesen Zweck wurden wieder Braceletten angelegt; darauf wurde die minimale Distanz der Zirkelspitzen an beiden Polen in der Richtung des Stromes ermittelt; alsdann ward der Strom geschlossen und wieder die minimale Distanz der Spitzen an beiden Polen untersucht. Ich habe nun gefunden, dass man unter dem Einflusse des constanten Stromes die Entfernung der Spitzen an der Katode gegen die frühere verkleinern muss, um die Grenze der Duplicität jetzt zu finden, an dem positiven Pole dagegen dieselbe vergrössern. Mit anderen Worten, auch dieses Vermögen der Haut ist an dem negativen Pole erhöht, am positiven erniedrigt*).

*) Ich muss gestehen, dass ich bei Wiederholung dieser Versuche an meinem eigenen Arm zu keinen bestimmten Resultaten gelangen konnte.

Aus allen angeführten Thatsachen folgt nun, dass die Gesetzmässigkeit der Erscheinungen, welche die neue Lehre von der elektrischen Nervenreizung an Nervenstämmen gewonnen hat, in ihren Hauptzügen auch für die Ausbreitung der sensiblen Nerven in der menschlichen Haut ihre Geltung behält.

Zum Schluss mag noch eine interessante Beobachtung mitgetheilt werden, welche mit den früheren in keinem directen Zusammenhange steht. Ich habe nämlich gefunden, dass, wenn man die Hand in irgend welche indifferente (z. B. Wasser oder Oel) Flüssigkeit, welche dieselbe Temperatur mit der Haut besitzt, eintaucht, sich die Feinheit des Unterscheidungsvermögens für distante Tasteindrücke sehr bedeutend erhöht. Diese Beobachtung ist an der Dorsalfläche der Hand gemacht worden. Sie zu erklären bin ich nicht im Stande.

Schliesslich betrachte ich als angenehme Pflicht, meinen Dank Herrn Professor Setschenow für seine Unterstützung auszusprechen.

Insofern ich aber keine so reiche Erfahrung in der Sache besitze wie Frl. Suslowa, so muss das Factum ihrer Verantwortlichkeit überlassen werden. Setschenow.

Ein Verfahren, künstliche Farbenblindheit hervorzubringen.

Von

Maria Bokowa.

Es ist schon längst bekannt, dass das Auge, welches lange Zeit unter dem Einflusse der Lichtstrahlen von gewisser Brechbarkeit sich befindet, für diese Strahlen weniger und weniger empfindlich wird. Zur Erklärung dieser Thatsache macht man gewöhnlich die Annahme, das Auge werde für diese Strahlen paralysirt. Diese Paralyse ist aber bis jetzt noch von Niemandem untersucht worden. Mir wurde von Prof. Setschenow der Vorschlag gemacht, das Verhalten dieses für gewisse Lichtstrahlen paralysirten Auges gegen die anderen Farben zu studiren und die erhaltenen Resultate mit den Erscheinungen zu vergleichen, deren Summe die sogenannte angeborene Farbenblindheit constituirt. Es konnte auf diese Weise vielleicht ein leichtes Mittel gefunden werden, die Erscheinungen der Farbenblindheit an normalen Augen künstlich zu produciren. Die Erwartungen waren, wie man sehen wird, nicht vollkommen unbegründet.

Ich glaubte zuerst so verfahren zu können, dass ich die Augen mit verschiedenen gefärbten Brillen ermüdete und sie nachher ohne Brille untersuchte. Der Versuch zeigte aber, dass die Erscheinungen der Farbenblindheit nach dem Abnehmen der Brille eine zu kurze Zeit (nicht über 1 Min., wenn die Brille auch Stundenlang getragen worden war) dauern, um Beobachtungen anstellen zu können; dass diese Beobachtungen ausserdem noch durch die Einmischung der Erscheinungen der complementären Farben erschwert werden. Ich entschloss mich

deshalb, das Auge in der Brille zu untersuchen. Es ist zunächst klar, dass, wenn die gefärbte Brille ausschliesslich nur Strahlen von der gegebenen Brechbarkeit durchlassen würde, dieses Verfahren nie zum Ziele führen könnte, insofern die Wahrnehmung der Farben durch eine solche Brille überhaupt unmöglich sein würde. Aber 1) kann dieser Mangel durch eine entsprechende Wahl der Gläser (in Bezug auf ihre Dicke und Färbung) mehr oder weniger beseitigt werden. 2) Muss man bedenken, dass, wenn auch eine gefärbte Brille für das durch ihre Farbe nicht ermüdete Auge wenig andere Lichtstrahlen durchlässt, doch diese letzteren leichter wahrgenommen werden, wenn das Auge für die Farbe der Brille schon ermüdet ist*). Endlich 3) wurden die Beobachtungen nicht blos in jenen Momenten angestellt, wo die Paralyse ihre Grenze erreicht hatte, sondern auch gleich nach dem Auflegen der Brille. Die Vergleichung beider Zustände ergibt natürlich, welche Veränderungen in den Farbenwahrnehmungen auf die Rechnung der gefärbten Brille selbst und welche auf die Folgen der Paralyse zurückzuführen sind.

Bis jetzt habe ich nur Beobachtungen mit rothen Brillen angestellt. Diese Farbe musste natürlich zuerst genommen werden, da in der Wissenschaft bis jetzt nur die Erscheinungen der Rothblindheit vollkommen untersucht worden sind. Für die Norm dieses angeborenen Mangels wurde die durch Helmholtz in der allgemeinen Encyclopädie der Physik gegebene Beschreibung desselben angenommen. Für rothe Brillen erwiesen sich als zweckentsprechend die mit Kupferoxydul gefärbten und gegen 1 Mm. dicken Gläser, welche für das unermüdete Auge fast gar keine anderen Lichtstrahlen ausser den rothen durchliessen. Minder dicke oder weniger intensiv gefärbte Gläser würden wahrscheinlich noch vortheilhafter sein; aber auch die beschriebenen mussten manchmal 4—5 Stunden getragen werden, damit die Paralyse sich vollständig entwickelte. Ein längeres Tragen der Brille würde die Versuche lästig machen. Ich lasse zunächst eine kurzgefasste Beschreibung der Haupterscheinungen der rothen Farbenblindheit folgen; dann gehe ich zu meinen eigenen Beobachtungen über. Die Rothblinden unterscheiden im Sonnenspectrum nur zwei Farbentöne, welche sie Gelb und Blau nennen. Zum ersten rechnen sie Roth, Orange, Gelb und Grün; Grün-Blau erscheint ihnen als Grau, den übrigen Theil des Spectrums nennen sie

*) Thatsachen, welche weiter unten mitgetheilt werden, beweisen diesen Satz am klarsten.

Blau. Das äussere Ende des Roth fängt für ihre Augen später als für normale an. Unter den gefärbten Gegenständen verwechseln sie die rothen mit braunen und grünen, Rosaroth mit blau. Alle die von ihnen gesehenen Farben können nur aus zwei Farben, z. B. aus Gelb und Blau, zusammengesetzt werden.

Meine Versuche wurden immer zu einer und derselben Tageszeit und unter möglichst gleichen Bedingungen der Beleuchtung angestellt. Aus lezterem Grunde wurden für die Beobachtungen mit rotirenden Scheiben und Garnmustern vorzugsweise graue Tage gewählt. Die den Versuchen unterworfenen Personen hatten ein vollkommen normales Wahrnehmungsvermögen für die Farben.

Gleich nach dem Auflegen der Brille erscheinen alle Gegenstände, welche viel weisses Licht reflectiren, intensiv roth, ebenso die Garnmuster (nach Spectralfarben neben einander gelegt) vom Roth bis zum Gelb; die übrigen vom Gelbgrün bis zum Violett Grau-olivengrün mehr oder minder dunkel. Eine schwarze rotirende Scheibe mit einem rothen Felde von 90° erscheint dunkelroth. Im Sonnenspectrum, welches in ein ganz dunkles Zimmer projicirt worden war*), sieht man einen rothen Fleck an der Stelle des Roth, Orange und Gelb, weiter einen schwachen grau-bläulichen Schimmer. Für die Augen, welche die Brille zum ersten Male tragen, treten schon ungefähr nach einer halben Stunde folgende Veränderungen ein. Unter den Garnmustern erscheint Roth orange; Gelb normal; Gelbgrün und Hellgrün bekommen einen Strich ins Violett; Dunkelgrün und Blau bleiben wie früher grau-olivengrün; Violett normal. Eine schwarze rotirende Scheibe mit einem rothen Felde von 90° erscheint grau. Im Sonnenspectrum keine wahrnehmbare Veränderung. Nach einer Stunde ist der Grundton aller aus dem Fenster gesehenen Gegenstände gelb, wie zur Mittagsstunde eines sonnenklaren Sommertages. Unter den Garnmustern erscheinen alle Farben vom Roth bis Gelb als gelb, mehr oder weniger dunkel; alle übrigen grau-violett. Die Nüancen von Gelb unterscheiden sich schlecht unter einander; Dunkelroth, Dunkelgrün und Braun erscheinen gleich — alle dunkelgrau. Eine schwarze Scheibe mit einem rothen Felde von 150° — grau. Im Sonnenspectrum fängt das Roth später wie für normale Augen an, erscheint weniger intensiv,

*) Ich habe mich später überzeugt, dass das Projiciren des Spectrums in einen ganz finstern Raum für meine Versuche unvortheilhaft war, indem es genügt, in diesem Raume einige Augenblicke zu bleiben, damit die Paralyse verschwinde. In Folge dessen wurde das Spectrum später immer in einen halb verdunkelten Raum projicirt.

doch immer als Roth; Gelb erscheint normal. Grün und Grün-blau sind grau; weiter sieht man einen bläulichen Streifen, welcher die blauen Töne und das Violett umfasst. Nach dem Ablegen der Brille bleibt das Roth nicht länger wie eine Minute gelb. Die übrigen Farben erscheinen auch während dieser Zeit normal.

Bei allen folgenden Versuchen blieben die Erscheinungen vollkommen dieselben, nur traten die Zeichen der Paralyse immer später und später ein, so dass ich zuletzt die Brille 5 Stunden tragen musste, um diesen Zustand herbeizuführen.

Jetzt lasse ich eine Tabelle folgen, welche anzeigt, wie die Farben mittelst einer rotirenden Scheibe gemischt werden müssen, um alle für meine paralysirten Augen möglichen Farben-Empfindungen nachzuahmen. Ich verglich die Mischfarbe der Scheibe mit dem Garnmuster, das daneben gehalten wurde.

Roth	gleich	der	Mischung	von	143°	Ultramar.	und	247°	Gelb
Orange	„	„	„	„	180°	„	„	180°	„
Gelb-grün	„	„	„	„	237°	„	„	123°	„
Grün	„	„	„	„	310°	„	„	50°	„
Violett	„	„	„	„	335°	„	„	25°	„
Grün-blau	„	„	„	„	302°	„	„	58°	Carminroth
Dunkelgrün	„	„	„	„	331°	„	„	29°	„

Wenn man alle die aufgezählten Erscheinungen zusammenfasst, so ergibt sich daraus die Blindheit für die rothe Earbe augenscheinlich. In der That:

1) Alle Gegenstände, welche gleich nach dem Auflegen der Brille roth gefärbt erscheinen, werden nach Verlauf einer mehr oder weniger langen Zeit gelb. Das Roth verschwand bei mir aus dem Sonnenspectrum wahrscheinlich deshalb nicht, weil man genöthigt ist, dasselbe in einem dunklen Raume zu betrachten und die Paralyse zu schnell verschwindet, wenn das Auge ausser der Einwirkung der rothen Strahlen kommt. Der Grund davon kann möglicher Weise auch darin liegen, dass es mir nicht gelungen war, eine so vollkommene Blindheit, wie die natürliche ist, zu erreichen.

2) Das äussere Roth war auch für meine Augen nicht sichtbar.

3) Im Spectrum unterschied ich nur zwei Haupttöne — Gelb und Blau.

4) Mischung von Roth und Schwarz erschien wie bei angeborener Blindheit grau.

5) Dunkelroth, Dunkelgrün und Braun wurden von mir mit einander verwechselt.

6) Die meisten für meine paralysirten Augen möglichen Farbenempfindungen konnten aus der Mischung von Gelb und Blau zusammengesetzt werden.

Die Abweichungen der von mir beobachteten Thatsachen von den in der Helmholtz'schen Beschreibung enthaltenen sind entweder unwesentlich, oder können auf den Grund zurückgeführt werden, dass bei meinen Versuchen die Farben durch eine Brille betrachtet worden waren, welche wenig andere Strahlen ausser rothen durchliess. Dahin gehört z. B. der Umstand, dass die grünen und blauen Töne der Garnmuster mit einem Stich ins Violett erschienen und dass das Spectralgrün nicht gelb, sondern grau gesehen worden war. Die einzige in die Augen fallende Abweichung meiner Resultate von der Helmholtz'schen Beschreibung besteht in Folgendem: Nach Helmholtz unterscheiden die Rothblinden das Rosa-Roth nicht vom Blau, bei mir aber konnten diese zwei Farben nie verwechselt werden. Diesen Umstand zu erklären, bin ich nicht im Stande; doch ist er gewiss nicht wichtig genug, um den schon früher ausgesprochenen Satz zu entkräften, dass nämlich die Erscheinungen der rothen Farbenblindheit auf die angegebene Weise wirklich hervorgebracht werden können. Nur das Verhalten des Auges gegen die grünen Töne ist auf diesem Wege schlecht zu ermitteln.

Indem somit die Tauglichkeit des Verfahrens bewiesen worden ist, erlaube ich mir aus den angestellten Beobachtungen folgende zwei Schlüsse zu ziehen:

1) Je mehr die Rothblindheit entwickelt ist, desto mehr nähert sich für solche Augen das Roth dem Gelb;

2) das Gelb wird von rothblinden Augen in normaler Farbe gesehen.

Schliesslich betrachte ich als angenehme Pflicht, meinen Dank Herrn Prof. Setschenow für seine Unterstützung auszusprechen.

Ueber den Ammoniakgehalt des Blutes, des Harns und der Exspirationsluft.

Von

Dr. L. Thiry,

Assistenten am physiologischen Institut in Göttingen.

(Hierzu Tafel III.)

Es ist eine noch keineswegs erledigte Frage, ob Ammoniak im normalen, noch unveränderten Blut, in frischem, noch unzersetztem Harn und in der Exspirationsluft vorhanden sei oder nicht, ob also die Verwandlung thierischer Stoffe in Ammoniak bei normalem Stoffwechsel schon im Körper vor sich gehen könne. Die Schwierigkeiten, welche der Beantwortung dieser Fragen entgegenstehen und welche es bedingen, dass immer und immer wieder, trotz vieler Untersuchungen mit positiven Resultaten an der Richtigkeit des Beobachteten gezweifelt wird, liegen hauptsächlich darin, dass man das Ammoniak (wenigstens im Blut und im Harn) neben Stoffen nachweisen muss, welche an sich schon sehr leicht zersetzbar sind, durch die Manipulationen aber, welche man vornahm, um jenes aufzufinden, noch viel leichter in eine Anzahl Zersetzungsproducte zerfallen, unter denen auch das Ammoniak sich befindet, so dass man nie mit Sicherheit sagen konnte, ob dasselbe wirklich vorgebildet war oder möglicher Weise erst während des Versuchs und durch den Versuch entstanden sei. Andererseits mangelte aber auch ein völlig sicheres Reagens, das nicht allein ganz geringe Spuren Ammoniak nachzuweisen, sondern auch letzteres von anderen flüchtigen Basen zu unterscheiden erlaubt, ferner dasselbe anzeigt, in was immer für einer Verbindung es sich befinden mag. Die bis jetzt allgemeiner angewendeten Reagentien zur Erkennung gerin-

ger Spuren von Ammoniak sind: Rothes Lackmuspapier (Curcumapapier), der Salzsäurestab, salpetersaures Quecksilberoxydul, Platinchlorid und farbloses Hämatoxylin.

Was die Brauchbarkeit des rothen Lackmuspapiers anlangt, so zeigt dasselbe einigermassen geringe Spuren gasförmigen Ammoniaks nicht an und ist daher für die meisten Versuche untauglich. Das Nämliche gilt von dem salpetersauren Quecksilberoxydul und auch in gewisser Beziehung von Platinchlorid. Die Salzsäure, mit welcher allerdings schon geringe Spuren eines flüchtigen Alkali's entdeckt werden können, hat den Nachtheil, wie die Meisten, welche sie zu diesem Zweck verwendet haben, angeben, dass dieselbe, sofern sie concentrirt ist, auch mit Wasserdampf Nebel bildet, welche von Salmiaknebeln nicht unterschieden werden können, besonders bei geringen Mengen des vorhandenen Ammoniaks, sofern sie aber verdünnt angewendet wird, ihre Empfindlichkeit einbüsst.

Ein sehr empfindliches und für viele Versuche nicht leicht ersetzbares Reagens ist das farblose, von Erdmann entdeckte Hämatoxylin, welches meist in der Form von Hämatoxylinpapier gebraucht wird. Ganz tadellos ist aber auch dieses nicht, weil es die gleiche Reaction nicht allein mit Ammoniak, sondern auch mit andern flüchtigen Basen, sowie mit fixen ätzenden und kohlensauren Alkalien gibt, welch letztere beim Kochen von Flüssigkeiten mit den entweichenden Dämpfen, wenn auch nur spurweise, mitgerissen werden. Ausserdem gibt das Hämatoxylinpapier nur mit solchen Ammoniakverbindungen eine Reaction, in welchen eine schwache Säure, wie Kohlensäure, Essigsäure, Milchsäure etc. enthalten ist; ist das Ammoniak dagegen an eine starke Säure gebunden, so hat es auf Hämatoxylin keine Wirkung (Reuling*). Wäre daher z. B. beim Kochen irgend einer Flüssigkeit in den entweichenden Dämpfen Ammoniak wirklich zugegen (mitgerissen), jedoch an eine stärkere Säure, etwa an Salzsäure, gebunden, so würde die Reaction ausbleiben**).

---

*) Ueber den Ammoniakgehalt der exspirirten Luft. Giessen. 1854.

**) Was die Bereitung eines empfindlichen Hämatoxylinpapiers betrifft, so hatte ich kein Bedürfniss, mich der Reuling'schen Methode zu bedienen, welcher demselben, weil es nur in feuchtem Zustande wirkt, durch einen Zusatz von Chlorcalcium hygroscopische Eigenschaften zu verleihen suchte. Ich extrahirte einfach Blauholz mit verdünntem Weingeist, verdampfte das Extract und löste den Rückstand in Aether. In diese gelbgefärbte Lösung wurden Streifen von Briefpapier getaucht und letztere an einem eisernen Ofen so schnell als möglich getrocknet. Dieses in solcher Weise sehr ein-

Ein Reagens, welches alle Vortheile, die an den bisher angeführten Reagentien vermisst werden, besitzt und neben einer sehr bedeutenden Empfindlichkeit für Spuren von Ammoniak, in welcher Verbindung sich dieses auch befinden mag, die Eigenschaft hat, mit keiner anderen weder organischen noch unorganischen Basis die gleiche Reaction (Färbung des Niederschlages) zu geben, ist die von Nessler empfohlene mit Kalilauge stark alkalisch gemachte Lösung von Jodquecksilber in Jodkalium. Die grosse Empfindlichkeit der Reaction beruht darauf, dass Jodkalium und Jodquecksilber in stark alkalischer Lösung (in welcher jede Ammoniakverbindung zerlegt wird) mit Ammoniak eine braun gefärbte unlösliche Verbindung ($NHg^4I + 2HO$) bildet, in welcher auf 559 Gewichtstheile 17 Gewichtstheile Ammoniak enthalten sind. Der Vorgang findet nach folgender Formel statt: $4(HgI, KI) + 3KO + NH^3 = (NHg^4I + 2HO) + 7KI + KO$. Wegen der Bereitung des Reagens ist die Nessler'sche Dissertation nachzusehen*). Nach den eigenen Angaben des Entdeckers dieser wunderbarer Weise noch nicht häufiger verwendeten Probe auf Ammoniak kann man damit noch 0,0000005 Gr. von letzterem mit Sicherheit nachweisen und es macht keine Schwierigkeiten, in frisch gefallenem Regenwasser, manchem destillirten Wasser, in chemischen Reagentien oft vorhandene Spuren von demselben zu entdecken.

Man muss, um die ganze Empfindlichkeit der Reaction zur Geltung zu bringen, darauf achten, dass man immer die zu untersuchende Substanz zum Reagens setzt und nicht umgekehrt verfährt. Durch Combination des Nessler'schen Reagens mit der Probe mit Hämatoxylinpapier ist es möglich, über die Natur einer zu prüfenden flüchtigen Ammoniakverbindung wenigstens einigermassen ins Klare zu kommen; durch das erstere überzeugt man sich von der Gegenwart von Ammoniak überhaupt, und vermittelst des letzteren entscheidet man, wenn auch durch dieses Ammoniak angezeigt wird, dass es an eine schwache Säure gebunden und nicht z. B. in Form von Salmiak vorhanden ist.

---

fach zu beschaffende Papier hat eine pfirsichrothe Farbe und verändert sich, so lange es trocken ist, nicht; befeuchtet bläut es sich an der Luft in wenigen Minuten oder durch eine einzige Exspiration. Reuling's Papier bläute sich an der Luft erst in zwei Stunden oder durch 15 Exspirationen.

*) Ueber das Verhalten des Jodquecksilbers und der Quecksilberverbindung überhaupt zu Ammoniak. Freiburg. 1856.

Siehe auch: Chemisches Centralblatt 1856 Nr. 34; Bericht über d. Fortschr. d. Chem. 1856 S. 408; Fresenius, Anltg. z. qualit. Anal. 1860 S. 87.

Blut. Das was ich oben im Allgemeinen über in Folge chemischer Manipulationen leicht eintretende Zersetzungen thierischer Flüssigkeiten, in denen Ammoniak nachgewiesen werden soll, gesagt habe, gilt ganz vorzugsweise vom Blut. Wenn man letzteres mit verdünnten Alkalien oder kohlensauren Alkalien erwärmt, so ist man nicht sicher, ob nicht durch die Einwirkung dieser gewisse Bestandtheile des Blutes, Extractivstoffe und Eiweisskörper, zerlegt werden und dabei unter Anderem auch Ammoniak entsteht, welches im unveränderten Blute möglicher Weise nicht vorhanden gewesen wäre. Die Behandlung des Blutes mit ätzenden oder kohlensauren Alkalien ist deswegen für die erste Entscheidung der Frage, wenn letztere auch noch so verdünnt angewendet werden, durchaus nicht gestattet, so lange man nicht von jedem einzelnen Bestandtheile desselben die Sicherheit hat, dass er durch ein solches Verfahren kein Ammoniak liefert*).

Diese Einwände, welche man schon längst für den Harn gemacht hat und noch macht, gelten meiner Meinung nach viel mehr für das Blut, denn die Bestandtheile jenes sind in diesem vorgebildet und finden sich hier ausserdem neben einer Menge eiweissartiger Materien, welche, selber zu Zersetzungen geneigt, dadurch zu gleicher Zeit andere Stoffe zu Umlagerungen ihrer Atome prädisponiren. Es bleibt demgemäss nichts übrig, als zu untersuchen, ob das im Blute etwa vorhandene Ammoniak schon bei gewöhnlicher Temperatur sich verflüchtigt oder durch geringes Erwärmen auszutreiben ist, um seine Präexistenz darzuthun, oder man versucht, was aber schon nicht mehr so beweisend ist, dasselbe mit kohlensauren oder besser mit doppelt kohlensauren Alkalien zu befreien. Aetzende Alkalien sind, glaube ich, unter allen Umständen zu verwerfen.

Nach dem im Vorhergehenden Gesagten sind die früheren Untersuchungen über den fraglichen Gegenstand zu beurtheilen, und es werden diejenigen Versuche das meiste Vertrauen verdienen, welche unter Vermeidung sehr eingreifender Operationen mit hinreichend empfindlichen Reagentien ausgeführt worden sind.

---

*) Eine andere Fehlerquelle schliessen die Reagentien, welche wir zur Austreibung des Ammoniaks benützen, selber ein. Kalilauge und in geringerem Grade Natronlauge haben die Eigenschaft, wie Thonerde, Ammoniak aus der Luft anzuziehen, das sie beim Erhitzen wieder abgeben, wovon man sich mit dem Nessler'schen Reagens, Hämatoxylinpapier etc. leicht überzeugen kann. Auch durch directen Zusatz einer Kalilauge zum Nessler'schen Reagens bekommt man zuweilen einen starken Niederschlag. Vergl. Will, Annal. der Chem. u. Phys. XLV p. 95 und Pharm. Centralblatt 1843 Nr. 11.

Viele Blutanalysen (besonders bei pathologischen Untersuchungen) werden als mit negativem Resultate angestellt erzählt, während doch nur der benützte Salzsäurestab oder das Lackmuspapier nicht empfindlich genug waren, um die meinen Erfahrungen nach immer vorhandenen, aber geringen Mengen von Ammoniak nachzuweisen. Andererseits mögen auch zuweilen, wo durch weitläufige Destillationen, Behandeln mit ätzenden Laugen etc. gewisse, meist grössere Mengen von Ammoniak dargestellt oder nachgewiesen wurden, diese ihre Quelle in einer Zersetzung der Extractivstoffe oder Eiweisskörper des Blutes gehabt haben. Die meisten Untersuchungen über den Ammoniakgehalt des Blutes beziehen sich auf pathologisches Blut und es ist begreiflich, dass von diesen hier, wo von normalem Blute die Rede sein soll, nicht alle berücksichtigt werden können.

Der Erste, welcher in normalem Blut (und in dem Cholerakranker) Ammoniak nach einer, wie ich glaube, nicht ganz zu verwerfenden Methode nachgewiesen hat, ist Wittstock*). Er versetzte Blutkuchen und Serum von Gesunden (und Cholerakranken) mit wenig kohlensaurem Kali und bekam in den beim Erwärmen entweichenden Dämpfen mittelst des Salzsäurestabes Salmiaknebel.

Auf einem etwas weitläufigen und deshalb unzuverlässigen Wege fand Le Canu**) unter Anderem auch Salmiak (?) als einen Bestandtheil der Salze des Blutes. Hünefeld***) glaubt, dass dieser Salmiak sich erst bei der Analyse aus phosphorsaurem Ammoniak und Kochsalz entwickele.

Zimmermann†) gibt an, im Jahre 1851 im halitus sanguinis mit dem Salzsäurestab Ammoniak erkannt zu haben.

Ein negatives Resultat für normales Blut in Bezug auf die Anwesenheit von Ammoniak lieferten die Untersuchungen von Reuling††), auf welche ich unten zurückkommen werde. Er destillirte Blutserum†††), aus welchem vorher durch Erhitzen das Eiweiss entfernt worden war und suchte im durch Salzsäure angesäuerten Destillate das Ammoniak mit Platinchlorid

*) Poggend. Annal. Bd. 24 S. 514.

**) Chemisches Centralblatt 1838 S. 149; Froriep's Notiz. 1838 Nr. 95. (Auszüge aus Le Canu, Etudes chimiques sur le sang humain. Par. 1831).

***) Der Chemismus der thierischen Organisation. Lpzg. 1840 S. 43 u. ff.

†) Untersuch. z. Naturl. Bd. II. S. 207.

††) A. a. O.

†††) Das Destillat von Blut pflegt gewöhnlich alkalisch zu reagiren. Vergl. Wittstock a. a. O. S. 513; Scheerer, Chemische und mikroskopische Untersuchungen zur Pathologie. Heidelberg. 1843 S. 69; Schmidt, Charakteristik der epid. Cholera. Leipzig. 1850 S. 69.

nachzuweisen. Diese Methode kann aus den oben angeführten Gründen keine beweiskräftigen Resultate liefern.

Mit grosser Sorgfalt und Mühe, aber nichts desto weniger oft nicht mit ausreichenden Vorsichtsmassregeln hat Richardson*) Versuche angestellt, welche nicht allein die Anwesenheit einer flüchtigen Ammoniakverbindung im Blute feststellen, sondern auch beweisen sollten, dass dieselbe durch ihr Entweichen für die Blutgerinnung von ganz besonderer Wichtigkeit sei. Ich werde unten noch einmal diese Versuche Richardson's zu besprechen haben, und es soll hier deswegen nur Einiges über den Werth seiner Verfahrungsweisen gesagt werden. Auch Bamberger**) ist es aufgefallen, dass Richardson gar keine Vorsichtsmassregeln getroffen hatte, das Ammoniak der Luft, an welchem diese besonders in Laboratorien, Schlachthäusern etc. etc. reich ist, auszuschliessen, dass er im Gegentheil mit Blasebälgen längere Zeit (jedesmal noch 15—20 Minuten lang nach der Gerinnung) unveränderte Luft durch das Blut und die Absorptionsapparate hindurchtrieb. Richardson erhielt so von einer gewissen Quantität Blut (one imperial quart) im Mittel etwa 3 Gran (0.19 Gramm) Platinsalmiak (0.0144 NH^3)***). Die ganze Menge des erhaltenen Ammoniaks kann, abgesehen von anderen Fehlerquellen, nicht wohl als aus der Luft stammend angesehen werden; es wäre aber doch von Wichtigkeit gewesen, wenn Richardson Controlversuche in dieser Richtung angestellt hätte. In noch einer anderen Weise suchte er, bei der Gerinnung aus dem Blute entweichendes Ammoniak nachzuweisen, indem er nämlich einen auf ein Objectglas gebrachten Tropfen Salzsäure einige Zeit über Blut hielt und nach der Verdunstung jenes unter dem Mikroskop Salmiakkrystalle erkannte. Da bei diesen Versuchen jedesmal zur Controle ein zweiter Salzsäuretropfen für sich an der Luft verdunstet wurde, welcher niemals Salmiakkrystalle hinterliess, so ist es schwer, so unvollkommen die Methode auch ist, an der Richtigkeit dieser letzten Beobachtungen zu zweifeln, wenn man nicht annehmen will, dass die vermeintlichen Salmiakkrystalle keine solche waren. Meinen Erfahrungen nach, welche ich mit ungleich feineren Methoden gemacht habe, entweicht nämlich bei gewöhnlicher Temperatur aus dem Blute, weder vor noch nach der Gerinnung, Ammoniak, wenig-

*) The cause of coagulation of the blood. London. 1858.

**) Würzburger medic. Zeitschrift. Bd. I. S. 146.

***) Zu ähnlichen Resultaten kam Cohn (Embol. Gefässkrankheiten. Berl. 1860 S. 54).

stens bei den Thieren, die ich untersucht habe, und so bleibt nichts übrig, als anzunehmen, dass das Blut der von Richardson benutzten Thiere (Rind, Schaf) aus zufälligen Ursachen (Aufenthalt in Ställen mit sehr ammoniakreicher Luft) eine solche Ammoniakverbindung enthielt, welche bei gewöhnlicher Temperatur flüchtig ist oder aber, dass seine Reactionen von einem anderen flüchtigen Alkali herrührten. Es wäre unnütz, nach weiteren Erklärungen der positiven Resultate dieser und anderer Versuche Richardson's suchen zu wollen, da es nur darauf ankommt, ob dieselben sich durch das Experiment bestätigen lassen. Im CCCXV. Versuch (pag. 286) bediente sich Richardson, um aus dem Blute eines Kindes das Ammoniak zu entwickeln, einer Erwärmung auf 100° C. Ich habe gefunden, dass man dadurch unter allen Umständen aus jedem Blut das in ihm enthaltene Ammoniak befreien und nachweisen kann.

In meinen Versuchen hielt ich es, um allen Täuschungen zu begegnen, für nothwendig, das Blut in einer geschlossenen Röhrenleitung direct aus der Ader in einen Apparat treten zu lassen, welchen ich vorher auf das Sorgfältigste von Ammoniak befreit hatte. Derselbe war folgendermassen zusammengesetzt: In den Kolben K (siehe die Abbildung), welcher durch einen dreifach durchbohrten Kork verschlossen war, führten drei rechtwinklig gebogene Glasröhren, von denen zwei weiter in den Kolben hinabragten, die dritte aber (b) schon oben am Kork endigte. Von den beiden ersten Glasröhren diente die eine (a) dazu, das Blut in den Kolben eintreten zu lassen und war deswegen mit einem längeren, durch eine Klemmschraube verschliessbaren Kautschukschlauche versehen, welcher unter Zuhülfenahme geeigneter Zwischenstücke (Glasröhren) mit der in ein Gefäss des Versuchsthieres eingebrachten Canüle in Verbindung gesetzt werden konnte, die andere aber (c) war dazu bestimmt, so oft als nöthig von Ammoniak befreite Luft in den Apparat einzulassen, weswegen dieselbe vermittelst eines ebenfalls durch einen Klemmhahn verschliessbaren Kautschukschlauches mit einem weiten, auf beiden Seiten ausgezogenen Glasrohre (S), welches mit durch concentrirte Schwefelsäure befeuchteten Glasperlen gefüllt war, verbunden wurde. Alle Luft, welche auf diesem Wege in den Apparat dringen wollte, musste vorher durch dieses Rohr streichen, wobei sie durch die Schwefelsäure vollständig von Ammoniak befreit wurde. Die dritte Glasröhre (b) war mit einem Kölbchen (K') in Verbindung, in welches zwei Glasröhren luftdicht eingesetzt waren, von denen eine, die dem ersten

Kolben zugekehrte, weiter herabragte, als die andere. An dieses Kölbchen schloss sich ein U-Rohr (U), welches andererseits mit dem Recipienten einer Luftpumpe (R) verbunden war.

Da alle Verbindungen der Glasröhren etc. luftdicht gemacht waren, konnte also in dem ganzen Apparat von der Luftpumpe aus ein luftverdünnter Raum erzeugt und eine in dem Kolben K befindliche Flüssigkeit bei den verschiedensten, willkürlich gewählten Temperaturen gekocht werden. In das U-Rohr (ein gewöhnliches mit zwei Kugeln versehenes Chlorcalciumrohr) kam das Nessler'sche Reagens und in den grossen Kolben, wie gesagt, das Blut; das kleinere Kölbchen verhinderte, dass beim Aufschäumen des Blutes von diesem in das Reagens im U-Rohr hinübergerissen wurde. Der grössere Kolben stand ausserdem in einem passenden Becherglase (G), welches mit Wasser von beliebiger, durch ein hineingehängtes Thermometer (t) zu messender Temperatur gefüllt werden konnte.

Bevor der Apparat gebraucht wurde, überzeugte ich mich jedesmal durch Hindurchsaugen von Luft mit der Luftpumpe und Erwärmen des Kolbens auf die Temperatur, auf welche nachher das Blut darin gebracht werden sollte, ob derselbe und das wenige destillirte Wasser, welches ich meist in den ersten Kolben brachte, vollkommen ammoniakfrei waren.

Ich habe sowohl Arterien- als Venenblut von Hunden, Katzen und Kaninchen auf diese Weise untersucht. Wie schon erwähnt, führte ich in die Gefässe der Versuchsthiere eine Canüle ein und verband diese durch einen Kautschukschlauch mit der beschriebenen Röhrenleitung des Apparates, welche vorher mit Wasser gefüllt wurde, öffnete dann die das Blutgefäss comprimirende Klemmpincette und hierauf den Klemmhahn. Da der Apparat vorher jedesmal ausgepumpt worden war, so wurde das Blut nicht allein durch seinen eigenen Druck, sondern auch durch den luftverdünnten Raum des Apparates in diesen hineingetrieben. Sobald eine genügende Menge Blut (100—200 CC) in den Kolben getreten war, wurde der Klemmhahn geschlossen und bei gewöhnlicher Temperatur längere Zeit durch Auspumpen die Blutgase entwickelt, welche alle das U-Rohr mit dem Nessler'schen Reagens passiren mussten. Wenn Alles, was bei einer gewissen Temperatur und in einer bestimmten Zeit entwickelt worden war, durch das U-Rohr getrieben werden sollte, so wurde die Klemmschraube des Rohres, welches den Zweck hatte, ammoniakfreie Luft einzulassen, geöffnet und die mit den Blutgasen beladene Luft vollständig verdrängt. Jedes Mal, wenn das Blut auf eine andere Temperatur gebracht werden sollte, wurde vorher Luft

eingelassen, um bei der Temperaturerhöhung allzurasches Aufkochen zu verhüten.

Bevor ich wusste, dass, um das Ammoniak aus dem Blute zu befreien, Erwärmen nöthig ist, habe ich in einer Anzahl von Versuchen aus Blut verschiedener Art eine Stunde lang und mehr Gase entwickelt, aber niemals, nachdem diese das Nessler'sche Reagens passirt hatten, in demselben die Ammoniakreaction wahrgenommen, gleichviel ob vor oder nach der Gerinnung.

Da, wie ich die Versuche angestellt habe, von einem Verlorengehen des Ammoniaks nicht die Rede sein kann und alles das höchst empfindliche Reagens hätte passiren müssen, so beweisen diese Versuche, dass weder vor noch während der Gerinnung des Blutes Ammoniak entweicht, jene also durch diesen Vorgang (Entweichen des Ammoniaks) nicht bedingt sein kann. Die unendlich geringen Mengen von Ammoniak, welche durch das Nessler'sche Reagens nicht mehr angezeigt werden, können unmöglich von irgend einer Bedeutung für einen Vorgang, wie für den der Fibringerinnung sein. Es hat nicht dieses directen Beweises von der Unrichtigkeit der Gerinnungstheorie Richardson's bedurft, um dieselbe den meisten Beobachtern als unhaltbar erscheinen zu lassen.

In einer zweiten Reihe von Versuchen habe ich das Blut, welches immer in der gleichen Weise in den Apparat gefüllt wurde, erwärmt, in dem ersten Versuch ohne genauere Temperaturmessung, in den anderen mit einer solchen.

Versuch mit Arterienblut (a. cruralis) einer Katze. Hier war in niederer Temperatur trotz lebhaften Kochens des Blutes durchaus keine Ammoniakreaction zu erhalten, bis endlich so weit erwärmt wurde, dass Coagulation des Eiweisses eintrat, worauf jene mit grosser Entschiedenheit sich einstellte.

Versuch mit Arterienblut (a. cruralis) vom Hund. Nachdem das Blut im Kolben geronnen war, wurde auf 35 bis 40° C. erwärmt, aber in der Zeit von einer halben Stunde keine Ammoniakreaction bemerkt. In einer weiteren Viertelstunde, während welcher auf einer Temperatur von 50° C. erhalten worden war, zeigten sich die ersten Anfänge der Reaction, eine leichte Trübung. Nun wurde eine Viertelstunde lang das Blut bei 60° C. gekocht, worauf die Trübung sich bedeutend verstärkte. Bei einer Erwärmung auf 70° C. war die Reation am stärksten und steigerte sich noch etwas, als noch weiter erwärmt wurde. Vor jeder Temperaturerhöhung wurde, wie oben auseinandergesetzt ist, ammoniakfreie Luft in den Apparat eingelassen.

Versuch mit Venenblut vom Hund. Nachdem bei 22^0 C. das mit den gewohnten Vorsichtsmassregeln gewonnene Blut geronnen und nach zehn Minuten noch keine Ammoniakreaction eingetreten war, so wurde Luft eingelassen und dadurch Alles, was aus dem Blute in Gasform ausgetreten war, durch das Nessler'sche Reagens getrieben. Es zeigte sich auch jetzt keine Reaction. Nun wurde auf 50^0 C. erwärmt und eine halbe Stunde lang das Blut lebhaft gekocht und dann Luft eingelassen, worauf eine schwache Trübung des Reagens auftrat. Als auf 65—70^0 C. erwärmt war, wurde die Ammoniakreaction sogleich sehr stark.

In der ganz gleichen Weise habe ich mehrmals auch Pfortader- und Arterienblut von Kaninchen untersucht, ohne einen Unterschied zwischen diesen beiden Blutarten unter sich oder eine Verschiedenheit von dem Blute anderer Thiere bemerken zu können.

Es würde unnütze Wiederholung sein, diese Versuche einzeln beschreiben zu wollen, da sie alle einander in der Art, wie sie angestellt wurden, sowie in den Resultaten vollkommen gleichen. Nur ein Versuch mit Arterienblut vom Kaninchen verdient besondere Erwähnung, weil ich hier das Blut in den schon auf 65^0 C. erwärmten Apparat einströmen liess, um den Einwand auszuschliessen, dass in den früheren Versuchen das Ammoniak sich erst durch die lange Behandlung ausserhalb des Organismus gebildet habe. Die Reaction trat in diesem Falle sofort ein.

Mit Schröpfblut vom Menschen (einem Amaurotischen) habe ich auch einen Versuch gemacht, um mich zu überzeugen, ob es sich gerade so wie Thierblut verhalte, was ich bestätigt fand; bei gewöhnlicher Temperatur entwich gar kein Ammoniak, und letzteres trat erst auf, als die Temperatur 50^0 und mehr war.

Auf eine noch einfachere Art kann man sich von der Anwesenheit einer erst in der Wärme flüchtigen Ammoniakverbindung im Blute überzeugen, wenn man nämlich dasselbe in einem Kolben im Wasserbade erwärmt und die Dämpfe mit Hämatoxylinpapier oder dem Nessler'schen Reagens, mit welch letzterem man einen Glasstab oder besser den Deckel eines Porcellantiegels befeuchtet hat, prüft. Auch in dieser letzten Art habe ich Blut hauptsächlich in der Absicht geprüft, um mit Hämatoxylinpapier zu entscheiden, dass das im Apparate nachgewiesene Ammoniak kein mitgerissenes Chlorammonium, sondern möglicher Weise kohlensaures oder an eine andere schwache Säure gebundenes Ammoniak war.

Wenn man frisches Blutserum, gleichviel von welchem Thiere, zu dem Nessler'schen Reagens setzt, so, bekommt man immer die Ammoniakreaction. Dieselbe tritt ein auch wenn man die Temperatur auf 0° bringt, und sie vermehrt sich nicht bei längerem Stehen durch die Einwirkung des Reagens auf die organische Substanz des Serum.

Es kann jetzt immer noch der Einwand gemacht werden, dass einerseits durch das Erwärmen des Blutes auf 50° *C.*, andererseits durch die Einwirkung des Alkali im Nessler'schen Reagens auf das Serum das Ammoniak erst entstanden und vorher nicht vorhanden gewesen sei. Es ist nicht leicht einzusehen, wie durch eine Erwärmung des Blutes um 10° über Körpertemperatur derartige Zersetzungen in demselben hervorgerufen werden können, dass in Folge dieser Ammoniak entsteht; für den Harn wenigstens fürchtet Lehmann erst die Siedehitze, indem hierbei das saure phosphorsaure Natron zersetzend auf die stickstoffhaltigen Bestandtheile desselben wirken soll. Auch die weitgehende zersetzende Einwirkung der Alkalien auf organische Substanzen beginnt erst in höherer Temperatur, daher der directe Nachweis des Ammoniak im Serum mit dem Nessler'schen Reagens nicht ganz von der Hand zu weisen ist.

Ist es nun durch das Vorhergehende bewiesen, dass normales Blut Ammoniak enthält, so fragt es sich zunächst, in welcher Verbindung letzteres sich in jenem vorfindet und welches seine Quelle ist, ob es rein zufällig von aussen in den Organismus gelangt oder als Product des Stoffwechsels zu betrachten ist. Was die erste Frage betrifft, so haben sich indirect allerdings einige Anhaltspunkte ergeben. Es wurde oben schon erwähnt, dass das durch das Erwärmen aus dem Blute ausgetriebene Ammoniak an keine stärkere Säure gebunden sein kann, weil es die Reaction mit Hämatoxylinpapier giebt. Dieses Ammoniak nun, welches bei 50—60° C. entweicht, kann entweder einem bei dieser Temperatur flüchtigen Ammoniaksalz angehören oder aus einer jedenfalls lockeren Verbindung stammen, welche durch Erwärmen auf 50—60° zerlegt wird und einen Theil oder alles (?) Ammoniak frei werden lässt. Ueber diesen Punkt sollte die Untersuchung verschiedener Ammoniaksalze, welche mit grösserer oder geringerer Wahrscheinlichkeit im Blute vermuthet werden durften und welche auf ihre Flüchtigkeit oder Zerlegbarkeit bei der erwähnten Temperatur geprüft wurden, Aufklärung verschaffen. Ich habe zu diesem Zwecke verdünnte, durch die resp. Säure schwach angesäuerte Lösungen derselben in ähnlicher Weise

wie das Blut, in den für die Untersuchung des letzteren benutzten Apparat eingefüllt, dann bei verschiedenen Temperaturen gekocht und die entwickelten Dämpfe durch das Nessler'sche Reagens geleitet. Man muss dabei sorgfältig ein bloses Mitgerissenwerden der Ammoniakverbindung mit den unter lebhaftem Kochen entweichenden Dämpfen und das eigentliche Freiwerden von Ammoniak oder einer Verbindung desselben in Gasform unterscheiden. Ersteres veranlasst eine nur schwache, aber stetig wachsende Reaction, letzteres bei der geeigneten Temperatur einen plötzlich eintretenden starken Niederschlag.

Kohlensaures und essigsaures Ammoniak verflüchtigen sich schon bei gewöhnlicher Temperatur und kommen daher hier nicht in Betracht.

Salmiak gibt nur die schwache Reaction, welche von durch die Dämpfe mechanisch mitgerissenen Spuren des Salzes herrührt und bei keiner Temperatur (bis 100°) eine plötzliche auffallende Steigerung erfährt.

Oxalsaures Ammoniak verhält sich gerade so wie Salmiak, und phosphorsaures Natron-Ammoniak gibt erst bei 100° C. Ammoniak ab.

Keines von diesen Ammoniaksalzen, von denen das kohlensaure Ammoniak, der Salmiak oder das phosphorsaure Natron-Ammoniak noch am ehesten im Blute hätten erwartet werden können, zeigt solche Eigenschaften wie die in diesem wirklich vorhandene Ammoniakverbindung; sie sind theils gar nicht flüchtig oder zerlegbar durch Erwärmen, theils bei einer Temperatur, welche nicht zusammenfällt mit der, bei welcher aus dem Blute Ammoniak entweicht. Um so besser stimmt mit dem untersuchten Verhalten des Blutes dasjenige einer durch Neutralisation von Ammoniak mit Milchsäure gewonnenen und schwach sauer gemachten, verdünnten Lösung von milchsaurem Ammoniak überein. Bei 50° C. gab eine solche Lösung, nachdem sie auf die gewöhnliche Weise in den Apparat gebracht worden war, Ammmoniak ab, wodurch die vorher nur schwache Reaction (welche von blos mitgerissenem milchsaurem Ammoniak herrührte) plötzlich stärker wurde, um bei 60° C. die grösste Intensität zu erreichen. Es braucht kaum erwähnt zu werden, dass bei den Temperaturen unter 50°, um sicher zu gehen, sehr lange gekocht und sehr oft Luft durch den Apparat getrieben worden war. Als der Versuch beendet war, zeigte die im Kolben zurückgebliebene Flüssigkeit eine stärker saure Reaction, als vorher, enthielt aber immer noch Ammoniak. Ich brachte dieselbe hierauf in eine Schale und dampfte auf

dem Wasserbade ab. Unter fortwährendem Entweichen von Ammoniak und Steigen der sauren Reaction in der zurückbleibenden Flüssigkeit wurde diese endlich zu einer syrupartigen Masse, welche sehr stark sauer reagirte, aber immer noch Ammoniak verlor. Als ich nun wieder verdünnte und abermals auf dem Wasserbade erwärmte, fand keine Ammoniakabgabe mehr statt, trotzdem die Flüssigkeit noch viel enthielt. Wenn ich es nach diesen Versuchen für sehr wahrscheinlich halten muss, dass das Ammoniak im Blute an Milchsäure gebunden ist, so bin ich mir sehr wohl bewusst, dass dadurch ein ganz sicherer Beweis, der aber gerade hier, wenn er überhaupt möglich ist, mit den grössten Schwierigkeiten zu kämpfen hätte, noch nicht geliefert ist.

Was nun die Quellen des im normalen Blute mit Sicherheit nachgewiesenen Ammoniaks betrifft, so kann diese eine zweifache sein. Dasselbe stammt entweder von aussen und wird mit den Nahrungsmitteln in den Darm eingeführt und von da in das Blut aufgenommen, oder es entsteht im Blute durch eine weitergehende Umwandlung eines oder mehrerer ihm angehöriger Stoffe. Es unterliegt keinem Zweifel, dass mit den Nahrungsmitteln kleine Mengen von Ammoniak in den Darm gelangen, welche von hier möglicher Weise aufgesogen werden können; es scheint mir aber, dass, wenn dieses auch zum Theil richtig ist, doch dadurch die beträchtlichen Mengen, welche mit dem Harn ausgeschieden werden und den ganzen Tag durch Lungen und Haut den Organismus verlassen, nicht erklärt werden können. Eine andere Frage ist die, ob vielleicht im Darm selber bei der Digestion geringe Mengen von Ammoniak entstehen, welche die Quelle des im Blute vorhandenen sein könnten; aber die Untersuchung eines wässerigen Auszuges aus dem Inhalt des Cöcum und Colon vom Kaninchen, welchen ich mit dem Nessler'schen Reagens prüfte, ergab nur geringe Ammoniakmengen, welche keine intensivere Reaction bewirkten, als das Blutserum desselben Thieres. Andererseits bemerkte ich auch, soweit sich dieses aus der Stärke, mit der die Ammoniakreaction auftritt, beurtheilen lässt, gegenüber von andern Blutarten im Pfortaderblut keinen grösseren Ammoniakgehalt*).

*) Es wird unten gezeigt werden, dass das Ammoniak des Blutes auch nicht aus der äusseren Luft stammen kann, aus welcher es in den Lungen aufgenommen werden könnte, da nach meinen Erfahrungen zu jeder Zeit mehr Ammoniak mit der Exspirationsluft ausgeathmet wird, als in gewöhnlicher Luft enthalten ist.

Wenn nun mit der grössten Wahrscheinlichkeit (auch Gründe der Pathologie sprechen dafür) das Blut und die Gewebe als der Ort angesehen werden müssen, wo das Ammoniak aus Harnstoff oder anderen Extractivstoffen entsteht, so sind wir auch, weil alle diese Stoffe, für sich dargestellt, sich allein nicht zersetzen, gezwungen, wie Frerichs*) ein besonderes Ferment anzunehmen, welches die Umwandlung jener in irgend einer Weise einleitet. Wenn dieses Ferment krankhaft vermehrt wird, so muss die Ammoniakproduction (aus Harnstoff oder anderen Extractivstoffen) über die Norm steigen; umgekehrt aber kann die blose Anhäufung von Harnstoff allein niemals einen erhöhten Ammoniakgehalt des Blutes bedingen. Das Auftreten einer abnormen Menge von Ammoniak im Blute ist also, dem Gesagten zu Folge, nicht mehr ein in gewissen Krankheiten auftretender ganz neuer Vorgang, sondern blos krankhafte Steigerung einer normalen Erscheinung.

Liebig**) ist der Ansicht, dass das Ammoniak, welches im Harn erscheint, durch Vorgänge, welche unabhängig vom Lebensprocesse stattfinden, entstehe. Es wird schwer die Grenze zu bestimmen sein, wo die Vorgänge im Organismus anfangen, vom Lebensprocesse unabhängig vor sich zu gehen und man kann nicht behaupten, dass die Umstände, welche Ammoniakbildung veranlassen, in gar keinem Zusammenhange mit den Bedingungen stehen, unter denen sich die normalen chemischen Processe im Blute vollführen.

Harn. Aehnlichen, meines Erachtens aber viel geringeren Schwierigkeiten, als beim Blut, begegnen wir, wenn es sich darum handelt, in frischem normalem Harn das darin enthaltene Ammoniak so nachzuweisen, dass der Verdacht ausgeschlossen ist, es könnte irgend einer durch die Behandlung hervorgerufenen Zersetzung eines oder des anderen Bestandtheiles des Harns seine Entstehung verdanken. Die Methoden, das Ammoniak im Harn nachzuweisen oder gar quantitativ zu bestimmen, sind verschiedener Art:

Nach Böcker***) fällt man Harn mit Platinchlorid und zersetzt den unter Zusatz von Salzsäure mit Hülfe von Alkohol und Aether (nach 24 Stunden) abgeschiedenen Niederschlag mit Kali. Auf diese Weise soll sogar eine quantitative Bestimmung des Ammoniaks möglich sein. Liebig†) leugnet,

*) Die Bright'sche Nierenkrankheit. Braunschweig. 1851.
**) Annalen der Chemie und Pharmacie. Bd. 50. S. 195.
***) Archiv für physiologische Heilkunde. Bd. I. S. 37.
†) Liebig a. a. O. S. 195 u. ff.

dass ein so erhaltener Niederschlag Ammoniumplatinchlorid enthalte und behauptet, vielleicht ohne genügenden Grund, dass er allein aus Kaliumplatinchlorid bestehe. Er schliesst ferner aus dem Umstand, dass der Harn, mit Alkalien erwärmt, Ammoniak entwickelt, im Platinchloridniederschlag aber keines zu finden ist, dass das in der ersten Weise erhaltene Ammoniak von Zersetzungen herrühren müsse.

Boussingault*) hat bei seinen Untersuchungen nur die mögliche Zersetzung des Harnstoffs durch Alkalien und nicht auch die anderer im Harn vorhandener Stoffe berücksichtigt. Für jenen fand er aber, dass derselbe in verdünnten Lösungen bei 40 ⁰ durch Kalkhydrat keine Zersetzung erleidet und gründete darauf seine Methode der quantitativen Bestimmung des Ammoniaks im Harn. Wie wenig Kalk und die durch diesen im Harn frei gewordenen Alkalien auf den Harnstoff wirken, geht aus einer Erfahrung hervor, welche ich bei Gelegenheit anderweitiger Untersuchungen gemacht habe. In Kaninchenharn, welchen ich in der Wärme mit Kalkmilch behandelt und darauf filtrirt hatte, wurde massanalytisch der Harnstoff bestimmt; 10 CC. desselben erforderten 7 CC. einer Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd. Der Harn wurde nun in einer wohlverkorkten Flasche aufbewahrt und nach 22 Tagen der Harnstoff wieder bestimmt; auch jetzt noch erforderten 10 CC. gleichviel von derselben salpetersauren Quecksilberoxydlösung. Nun blieb die Flasche zufällig neun Monate lang unbeachtet stehen, nach welcher Zeit ich den Harnstoff wieder bestimmte; von der damals gebrauchten, noch vorhandenen Quecksilberoxydlösung waren auch jetzt wieder 7 CC. erforderlich. Während der ganzen Zeit hatte sich die hellgelbe Farbe des Harns nicht verändert. Bemerkenswerth ist dabei, dass eine andere Portion in der ganz gleichen Weise behandelten Kaninchenharns, welcher aber nicht so gut verwahrt worden war, nach nicht langer Zeit, nachdem offenbar die vorher freien Alkalien Kohlensäure aus der Luft angezogen hatten, zu faulen anfing. Es scheint also, dass die Gegenwart von freien Alkalien eher die Zersetzung des Harnstoffs verhindert, als begünstigt. Auch durch zweistündiges Kochen von Kaninchenharn, welcher in der obigen Weise mit Kalkhydrat behandelt worden war, ist es mir nicht gelungen, eine durch Titration nachweisbare Abnahme des Harnstoffs zu bewirken. Es scheinen deswegen, wenn von anderen im Harn

*) Annal. de Chim. et de Phys. XXIX. p. 472. Journal für practische Chemie. Bd. 51 S. 281.

enthaltenen Körpern keine Gefahr droht, Boussingault's Bestimmungen des Ammoniaks im Harn vollständig richtig zu sein.

Ausser der möglichen Zersetzung des Harnstoffs durch Kalkhydrat berücksichtigte Neubauer*) nun auch die der übrigen Bestandtheile des Harns. Er fand, dass nach der Schlössing'schen Methode behandelter Harn nach 48 Stunden keine weiteren Mengen von Ammoniak abgibt, während doch noch genug Harnstoff, Harnfarbstoffe etc. zur Zersetzung des Alkali vorhanden wären. Die Schlössing'sche Methode der Ammoniakbestimmung besteht darin, dass man die letzteres enthaltende Flüssigkeit mit Kalkmilch versetzt und über Schwefelsäure unter einer Glasglocke stehen lässt, wobei alles Ammoniak in die Schwefelsäure übergeht. Auch diese Versuche von Neubauer muss ich für vollständig richtig halten. Boussingault fand im Mittel im Harn 1.4 pr. m. Salmiak (0.445 NH^3) und Neubauer 1.603 pr. m. Salmiak (0.508 NH^3).

Lehmann**) hat gefunden, dass saures phosphorsaures Natron beim Kochen in der Art zersetzend auf Harnstoff wirkt, dass dabei Ammoniak entsteht, weswegen auch Harn, in dem letzteres nachgewiesen werden soll, nicht eingedampft oder destillirt werden darf. Um so mehr ist es zu verwundern, dass Bamberger***) im Destillate von normalem Harn und in den beim Kochen des letzteren entweichenden Dämpfen jenes nicht nachweisen konnte. Offenbar ist das von ihm gebrauchte Platinchlorid für diesen Versuch ungeeignet.

Ich habe mit dem Nessler'schen Reagens, wenn ich zu diesem ganz frischen, normalen Harn zusetzte, stets, auch bei ganz niedrigen Temperaturen, eine starke Ammoniakreaction bekommen. Aber auch durch Erwärmen kann aus dem Harn Ammoniak ausgetrieben werden, und dieses geschieht schon, wie ein Versuch mit dem oben beschriebenen, für das Blut gebrauchten Apparate, in welchen der Harn wie die Salzlösungen (durch Hineinsaugen) eingeführt wurden, darthat, bei 50° C., am intensivsten aber war die Reaction bei 60 bis 70° C. Die im Harn enthaltene Ammoniakverbindung verhält sich gerade so wie die im Blute und es liegt der Schluss nahe, dass beide identisch, nämlich milchsaures Ammoniak sind. Man kann auch, wenn es auf genaue Temperaturmessung

---

*) Journal für practische Chemie. Bd. 64 S. 177 u. 278.

**) Zoochemie, Heidelberg 1858. S. 366.

***) Würzburger medicinische Zeitschrift. Bd. I. S. 146. u. Bd. II. S. a. ebend. Heintz.

nicht ankommt, den Harn einfach in einem Kolben im Wasserbade auf die geeignete Temperatur bringen, wobei in den entweichenden Dämpfen Ammoniak sowohl mittelst eines auf den Deckel eines Porcellantiegels gebrachten Tropfens des Nessler'schen Reagens als mit Hämatoxylinpapier nachweisbar ist. Die Mengen desselben sind zu gering, um auch geröthetes Lackmuspapier blau zu färben oder mit salpetersaurer Quecksilberoxydullösung getränktes Papier zu schwärzen. Für den Harn gilt das gleiche, was ich oben vom Blute gesagt habe, dass man nämlich nicht wohl annehmen darf, dass die Erwärmung des Harns auf 50° schon eine Zersetzung eines Bestandtheiles desselben bewirken kann.

Zu diesen Versuchen ist der ganz frische, normale Harn von sieben jungen Männern verwendet worden. Ich untersuchte denselben sowohl längere als kürzere Zeit nach der letzten Entleerung der Blase und zu verschiedenen Tageszeiten, ohne in der Stärke der Reaction einen Unterschied wahrnehmen zu können.

Exspirationsluft. Auch hier wird nur von der normalen Exspirationsluft die Rede sein.

Marchand*) hat sich schon im Jahre 1844 von der Exhalation von Ammoniak durch Lungen und Haut überzeugt. Ueber die von ihm befolgte Methode hat er sich nicht näher ausgesprochen.

Sehr viel Vertrauen verdienen die Versuche von Thompson**), weil er das Ammoniak der Inspirationsluft ausschloss. Er fand, dass ein gesunder Mensch in 24 Stunden 3 Gran doppeltkohlensaures Ammoniak (0.073 grm. NH^3) ausathmet.

Reuling***) leitet die ganze Menge des ausgeathmeten Ammoniaks von der Inspirationsluft her, in welcher es vorher schon enthalten sein soll. Auch macht er darauf aufmerksam, dass reichliche Mengen von Ammoniak von cariösen Zähnen und von in Zersetzung begriffenen Substanzen in der Mundhöhle, Speiseresten etc. herrühren können.

Auf die letzte Fehlerquelle weist auch Güterbock†) hin, nur sind seine dahin gerichteten Versuche, durch welche er gefunden haben will, dass das Ammoniak bei Gegenwart ganz gesunder Zähne fehle, nicht massgebend, weil er sich nur des unsicheren Salzsäurestabes zur Erkennung jenes bedient hat.

---

*) Journal für pract. Chemie. XXXIII. S. 135 u. 136.
**) Philosoph. Magaz. and Journ. of Sciences, Tom. XXX. p. 124.
***) Reuling a. a. O.
†) Deutsche Klinik 1853 Nr. 13.

Letzteres gilt auch von den Angaben Mettenheimer's*), welcher übrigens nur zeigen wollte, dass der Salzsäurestab zur Erkennung der Verunreinigung des Blutes mit Ammoniak nicht zu gebrauchen sei, weil er auch mit der Exspirationsluft von Gesunden Nebel entwickle.

Richardson (a. a. O.) hat in ähnlicher Weise, wie im Blut, in der Exspirationsluft das Ammoniak nachgewiesen. Er blies dieselbe nämlich über ein mit einem Tropfen Salzsäure befeuchtetes Objectglas, verdunstete jenen und wies dann unter dem Mikroskope die Gegenwart von Salmiakkrystallen nach. Zu gleicher Zeit angestellte Controlversuche, in denen gewöhnliche Luft über einen Salzsäuretropfen geblasen wurde, ergaben stets ein negatives Resultat. Auf das Ammoniak der Luft hat er nur durch diese Controle, auf die Ammoniakquellen in den gröberen Luftwegen gar keine Rücksicht genommen. Es haben deswegen diese Versuche, wenn man auch die Empfindlichkeit der angewendeten Methode zugeben will, nur geringen Werth.

Wiederhold**) condensirte Exspirationsluft durch eine Kältemischung und liess die in einem längeren Zeitraum auf diese Weise gesammelte Flüssigkeit frei an der Luft verdunsten. In dem Rückstand fand er bei der mikroskopischen Untersuchung dendritische Krystalle, welche er für Chlorammonium ansah. Gorup Besanez***) macht dagegen geltend, dass auch Kochsalz (welches Wiederhold in der verdichteten Flüssigkeit ebenfalls fand) bei Gegenwart von organischen Substanzen in ähnlichen Formen krystallisirt, wie Salmiak, und dass unter solchen Umständen die mikroskopische Untersuchung zur Erkennung des letzteren nicht genügt. Wenn demnach durch Wiederhold der Beweis von der Gegenwart des Chlorammoniums in der Exspirationsluft nicht geliefert ist, so kann ausserdem dadurch, dass dass in dieser enthaltene Ammoniak auf Hämatoxylinpapier wirkt, gezeigt werden, dass es an keine stärkere Säure, also auch nicht an Salzsäure, gebunden sein kann. Diejenigen Untersuchungen der Exspirationsluft, welche mit rothem Lackmuspapier angestellt wurden, beweisen, wenn sie negative Resultate gaben, wegen der Unsicherheit und Unempfindlichkeit des Reagens gar nichts†). Nur in pathologischen Fällen wird es von

---

*) Archiv für wissenschaftliche Heilkunde. Bd. I. S. 605.

**) Deutsche Klinik 1858 Nr. 18.

***) Lehrbuch der physiologischen Chemie. Braunschweig 1862. S. 87.

†) S. u. A. Schottin, Archiv f. physiol. Heilkunde. XII. S. 170.

Nutzen sein, dasselbe anzuwenden, weil, wenn man eine Reaction bekommt, dadurch bewiesen ist, dass abnorm grosse Mengen von Ammoniak vorhanden sind.

Bei meinen Versuchen hatte ich vorzüglich im Auge, alle Fehlerquellen vollständig auszuschliessen, um beweisen zu können, dass in der Exspirationsluft Ammoniak ist, welches nur aus dem Blute stammen kann. Ich musste deswegen sowohl das Ammoniak der Luft als dasjenige, welches sich im Munde beimischt, ausschliessen. Beim Menschen lassen sich diese Bedingungen nicht alle mit der Sicherheit erfüllen, wie bei Thieren, weswegen auch die an den letzteren gewonnenen Resultate grössere Beweiskraft haben.

Die Versuche, welche ich an mir und an Anderen ausgeführt habe, sind ebenfalls wieder mit dem Nessler'schen Reagens und mit Hämatoxylinpapier angestellt. Beide gaben die ihnen eigenthümlichen Reactionen mit einer Exspiration, oder wenn sie nur eine kurze Zeit in den Mund gehalten wurden. Von dem Nessler'schen Reagens brachte ich, wie gewöhnlich, einen Tropfen auf den Deckel eines Porcellantiegels und hielt ihn in den weit geöffneten Mund oder liess die Luft einer Exspiration langsam darüber hinstreichen. Der Gebrauch des Hämatoxylinpapiers ist selbstverständlich und ich mache nur noch einmal darauf aufmerksam, dass es, da ich ihm nicht, wie Reuling, eine hygroscopische Substanz zusetze, vorher befeuchtet werden muss. Zur Controle wurde jedesmal ein Tropfen des Nessler'schen Reagens oder ein gleichzeitig befeuchtetes Hämatoxylinpapier der Luft (die meisten Versuche wurden im Freien gemacht) ausgesetzt; in letzterer trat die gleiche Reaction erst nach längerer Zeit ein.

Die Reactionen zeigten keinen Unterschied in der Stärke, wenn ich statt durch den Mund durch die Nase exspirirte. Einen einfachen Versuch kann man in dieser Weise anstellen, wenn man nämlich, statt die Exspirationsluft selbst zu benutzen, das aus dieser irgendwie verdichtete Wasser auf seinen Ammoniakgehalt prüft. Meist blies ich aus der Nase die Luft durch ein längeres Glasrohr und liess das darin angesammelte Wasser in genügender Menge auf das in einem Probirröhrchen befindliche Nessler'sche Reagens fliessen, wodurch zwei Schichten gebildet wurden, von denen die untere, dem reinen Reagens entsprechende, farblos (oder ganz hellgelb) blieb, die obere aber, welche vom Exspirationswasser gebildet wurde, beim vorsichtigen Vermischen eine, besonders an der Berührungsschichte ziemlich starke, braungelbe Färbung und nach einiger Zeit einen ebenso gefärbten Niederschlag erzeugte.

Bei wenige Tage alten (also noch zahnlosen Säuglingen) habe ich in der Exspirationsluft das Ammoniak mit Hämatoxylinpapier nachgewiesen. Auch hier befeuchtete ich zwei Streifen von letzterem, welche von demselben Stück genommen waren, und hielt den einen vor die Nase oder den Mund des Säuglings, den anderen bewegte ich in der Luft hin und her. Constant bläute sich der erste Streifen früher und stärker, als der zweite. Da die Versuche in der Göttinger Entbindungsanstalt gemacht wurden, wo streng auf Reinhaltung des Mundes der Kinder gesehen wird, so kann das Ammoniak gewiss nicht von zersetzter Milch u. s. w. herrühren; ausserdem zeigten diejenigen Kinder, welche ganz frisch gesäugt worden waren, das Ammoniak gerade so gut, wie die anderen.

Alle diese eben beschriebenen Versuche sind nicht ganz frei von jedem Einwand und ich habe deswegen noch an Thieren experimentirt. Ich führte Kaninchen in die geöffnete Trachea ein Röhrchen ein, welches ich mit einem Apparate verband, der durch ein geeignetes, sehr leicht gehendes Klappenventil so beschaffen war, dass das Versuchsthier nur von Ammoniak befreite Luft inspiriren konnte und alle Exspirationsluft durch ein U-Rohr, das mit einer angemessenen Menge des Nessler'schen Reagens gefüllt wurde, zu treiben gezwungen war. Der Widerstand, den der Apparat der Inspiration entgegensetzte, war gleich Null, und bei der Exspiration hatte das Thier nur so viel Anstrengung nöthig, um die Luft durch die Reagensflüssigkeit, welche das U-Rohr eben nur verschloss, zu treiben. Es war dafür gesorgt, dass die Kohlensäure der Exspirationsluft weggenommen wurde, weil durch diese das Nessler'sche Reagens allmälig in seiner Empfindlichkeit abgestumpft wird. Das Ammoniak der atmosphärischen Luft wurde, wie oben bei der Untersuchung des Blutes, durch ein vorgelegtes Schwefelsäurerohr weggenommen. Die Respiration ging mit diesem Apparate längere Zeit verhältnissmässig ruhig von Statten. Bevor ich das U-Rohr mit dem Reagens einschaltete, liess ich die Versuchsthiere jedes Mal fünf Minuten lang ammoniakfreie Luft einathmen.

Die Exspirationsluft zweier Kaninchen gab, auf die beschriebene Weise untersucht, nach 20 Minuten einen deutlichen Niederschlag. Die Kleinheit der Versuchsthiere und die verhältnissmässig grosse Menge von Reagensflüssigkeit, in welcher sich der Niederschlag vertheilen musste, waren die Ursache, dass nicht in kürzerer Zeit ein sichtbarer Niederschlag auftrat. Ein anderes Kaninchen wurde nicht direct aus dem Kaninchenstall (Kaninchenställe sind sehr reich an

gasförmigem Ammoniak) zum Versuche geholt, sondern erst noch zwei Stunden ins Freie gesetzt, worauf ich es, nachdem die Tracheotomie gemacht war, vor dem eigentlichen Versuche ebenfalls noch 5 Minuten ammoniakfreie Luft athmen liess. Auch hier trat nach Einschaltung des Reagens etwa in 20 Minuten ein deutlicher Niederschlag ein, nachdem vorher von 5 zu 5 Minuten die Trübung sichtbar zugenommen hatte.

Drei grosse Frösche, die ich in ein auf zwei Seiten offenes Glasgefäss gesetzt hatte, durch welches ammoniakfreie Luft vermittelst eines Aspirators derart durchgesogen wurde, dass sie zuletzt, nach Wegnahme der Kohlensäure, noch das wie gewöhnlich in einem U-Rohr befindliche Nessler'sche Reagens passiren musste, gaben kein Ammoniak ab, und der Apparat enthielt selbst dann nichts davon, als die Frösche einmal 6 und ein anderesmal 24 Stunden, während welcher Zeit keine Luft hindurchgesogen wurde, in demselben verweilt hatten. Diese Thiere, welche einen trägeren Stoffwechsel besitzen, scheinen also kein Ammoniak zu produciren. Durch diesen negativen Versuch ist zu gleicher Zeit erwiesen, dass die wenigstens 3 Stunden durch den Apparat gesogene Luft vollkommen von Ammoniak befreit wurde, dass also die Methode keine Fehlerquelle einschliesst.

Es ist somit sichergestellt, dass auch die Exspirationsluft Ammoniak enthält, welches direct aus dem Blute stammt. Wie gezeigt wurde, entweicht aber das Ammoniak des Blutes erst bei einer Temperatur, die höher ist, als die Körpertemperatur, daher man entweder annehmen muss, dass das Ammoniak nur von den Exspirationsgasen mitgerissen wird (wie in den obigen Versuchen der bei gewöhnlicher Temperatur nicht flüchtige Salmiak) oder, was wahrscheinlicher ist, dass in der Lunge ähnliche Einflüsse die im Blute vorhandene Ammoniakverbindung zerlegen, welche, wie man sich in neuerer Zeit anzunehmen gezwungen sah, die Kohlensäure des Blutes aus ihren Verbindungen befreien*).

Wenn man die richtigsten Bestimmungen des Ammoniaks im Harn und in der Exspirationsluft (von Neubauer und Thompson) zusammenstellt, so würde sich die auf solche Weise ausgeschiedene tägliche Ammoniakmenge in runder Zahl auf 0.7 gr. (NH^3) berechnen, was 0.58 gr. N entspricht. Wenn es richtig ist, dass auch durch die Haut Ammoniak ausge-

---

*) Schöffer, über die Kohlensäure des Blutes und ihre Ausscheidung durch die Lungen. Sitzungsbericht der k. Akademie der Wissenschaft zu Wien. Bd. 41 S. 519.

schieden wird, so muss diese Zahl noch höher ausfallen; auf diesen Punkt werde ich jedoch an einem anderen Orte zurückzukommen Gelegenheit haben.

Nachträglich bemerke ich, dass die Arbeit von B. Wicke: Ueber die Vorkommnisse von Ammoniak im Harn (diese Zeitschr. Bd. XIV. S. 344) zu spät erschien, um für die vorstehenden Untersuchungen des Harns verwerthet werden zu können.

Contractur des Metatarsus.

Von

Dr. W. Henke,
Prosector in Marburg.

(Hierzu Tafel IV.)

Als ich die Contracturen der Fusswurzel anatomisch zergliedert hatte*), glaubte ich damit eine vollständige Analyse der Deformitäten des Fusses gegeben zu haben. Denn sowohl die altbekannten als auch die neu beobachteten, welche mir von Herrn Hofrath Baum zur Beschreibung mitgetheilt waren, hatten sich alle auf Veränderungen in der Lage und Bildung der Gelenke der Fusswurzel zurückführen lassen; und so konnten nur etwa noch einige neue Combinationen als zu beobachtende erwartet werden. In diesem Sommer bin ich nun aber plötzlich ebenfalls durch meinen verehrten Lehrer Baum zur Beobachtung einer Contractur gelangt, deren Sitz das Gelenk des Mittelfusses ist. Dieser haben sich in der Folge mehrere zugehörige gesucht und ungesucht angereiht, die ich hier ebenfalls der Beschreibung der ersten anreihen will.

Carl Siebrecht, 8 Jahre alt, zeigt am linken Fusse eine angeborene Deformität (Fig. 1), welche in der Stellung der vorderen Theile des Fusses zum Unterschenkel, und beim Gehen zum Boden, einem gemeinen Klumpfusse vollkommen ähnlich sieht. Mittelfuss und Zehen sind fast rein transversal der Medianebene zugekehrt und berühren beim Auftreten den Boden mit dem Kleinzehenrande, der auch nach hinten in eine grosse Gehschwiele übergeht. Bei näherer Besichtigung

---

*) Luxationum et contracturarum tarsi descriptio pathol. anatomica. Diss. Marburg 1857. Die Contracturen der Fusswurzel. Diese Zeitschrift III. Reihe, V. Band.

ergiebt sich aber, dass die Knickung, durch welche die Richtung des Mittelfusses von der normalen im Verhältnisse zum Bein abweicht, ihren Sitz nicht wie beim Klumpfusse dicht vor den Knöcheln, sondern weiter vorn hat. Das Schiffbein steht noch ganz normal; von da vorwärts ist der mediale Knochenrand des Fusses etwas versteckt unter einer Erhebung der Haut, die von der starken Ansatzsehne des m. tibialis anticus getragen ist. Verfolgt man aber von hinten her die normal gedachte Fortsetzung des Fussrandes und von vorn her den Schaft des schiefgestellten ersten Mittelfussknochens, so scheinen sie an der Grenze zwischen diesem und dem ersten Keilbein zusammenzukommen. Desgleichen beginnt am lateralen Fussrande, wenn man von vorn dem fünften Mittelfussknochen entlang fühlt, der Uebergang in die grosse Gehschwiele schon unmittelbar hinter diesem. Die kleineren Zehen scheinen bei der schiefen Richtung des Mittelfusses sehr zurückgeblieben gegen die grosse, sind aber normal entwickelt. Sprunggelenk und Fussgelenk, die beim Klumpfusse contract sind, zeigen sich vollkommen frei beweglich, ohne Vorwiegen einer extremen Stellung; aber auch die auffallende Knickung vor den Keilbeinen lässt sich nicht wenig vermehren und vermindern. Die Muskulatnr der Fusssohle, besonders der Abductor hallucis fühlt sich etwas gespannt an. Vom Muskelbauche des Extensor digitorum brevis ist nichts zu fühlen, desgleichen von den Sehnen des longus. Die active Beweglichkeit der Zehen ist sehr unkräftig. Auf die Frage, inwieweit diese Muskeldefecte als primäre Ursache anzuklagen sein mögen oder nicht, werde ich nach der Beschreibung der übrigen Beobachtungen zurückkommen. Eine Durchschneidung der gespannten Stränge in der Fusssohle hat Herr Hofrath Baum bisher nicht für nöthig gehalten, sondern einfach einen Schuh angelegt, gegen dessen Sohle die Convexität der Knickung durch einen breiten Riemen nach unten und besonders nach innen gedrängt wird. Man ist auf den ersten Blick versucht, von einer Vorrichtung, die ähnlich der Stromeyer'schen Maschine ihren Stütz- und Ausgangspunkt am Unterschenkel hätte, eine kräftigere Wirkung zu erwarten. Es ist aber leicht ersichtlich, dass dadurch nicht die bestehende Formveränderung des Fussgewölbes gehoben, sondern nur eine Seitwärtsstellung des ganzen Fusses in den frei beweglichen Fussgelenken dazu gemacht werden könnte (also eine Missbildung zu Stande gebracht werden würde, wie ich sie nachher als beim Fötus entstanden beschreiben werde, vergl. Fig. 2), dass also das Anfassen am Fusse allein richtig

ist. Der Erfolg dieser Behandlung schreitet nur langsam vor, wie das bei der Natur der anatomischen Veränderung gar nicht anders erwartet werden kann. Denn bei der abnormen Stellung eines normaler Weise so wenig beweglichen Gelenkes kann offenbar die durch Flächenverschiebung bedingte Lageveränderung der sich berührenden Knochen, welche das durch Druck leicht zu Ueberwindende bei den Klumpfüssen ist, nur sehr unbedeutend, muss dagegen die schiefgedrückte Form derselben, die sich nur langsam zurückbildet, die Hauptsache sein.

Bald nachher hat Herr Hofrath Baum noch einen zweiten ganz ähnlichen Fall, ebenfalls angeboren, bei einem Kinde in Behandlung bekommen. Inzwischen hat sich auch mir eine Beobachtung derselben Art zufällig dargeboten, die ich der grössern Evidenz, die sie für den Sitz der Verkrümmung im Mittelfussgelenke giebt, und der eigenthümlichen Vorgeschichte wegen ebenfalls ausführlich mittheile.

Heinrich Günther, 58 Jahre alt, ein sehr kräftiger, grosser Bauer, in hiesiger Klinik wegen eines Lebertumors aufgenommen, hat ganz symmetrisch an beiden Füssen dieselbe Formveränderung, wie ich sie eben von dem Knaben in Göttingen beschrieben habe. Sie stehen wie zwei Klumpfüsse mit den Spitzen gegeneinander gerichtet, der Kleinzehenrand etwas abwärts gedreht, doch ist die Abweichung so mässig, dass bei Abductionsstellung der Fussgelenke die Sohle aufgesetzt werden kann, wenn auch immer mit dem lateralen Rande etwas fester. Daher kann der Mann recht gut gehen. Er giebt an, er sei als Zwilling mit einem ganz gesunden Bruder geboren; die beiden Füsse seien nach der Geburt so weit herumgebogen gewesen, dass die Spitzen den Fersen angelegen haben; sein Vater habe sie aber selbst ohne Hilfe des Arztes durch Verbinden mit gegengedrückten Schienen soweit herumgebracht, dass er gehen lernen konnte. Jetzt zeigen sie, wie gesagt, dieselbe Knickung nach der Medianebene hin im Fussgewölbe, wie der abgebildete Fuss des Knaben, nur dass sich bei der sonst sehr guten Entwickelung der Knochen auch des Fusses und der fehlenden dorsalen Gehschwiele die Knickung noch viel deutlicher an beiden Fussrändern als genau der Grenze zwischen Fusswurzel und Mittelfuss entsprechend darstellt. Die Concavität des medialen Randes zeigt entsprechend dem Gelenke vor dem ersten Keilbeine eine sehr scharfe winkelige Knickung, die von der Knöchelspitze der Tibia und vom Gelenk der grossen Zehe 7 Centimeter entfernt ist, während der directe Abstand dieser beiden über die Knickung hin gemessen

nur 13 beträgt. Die übrigen Mittelfussknochen stehen dem ersten ganz parallel. Die grosse Zehe tritt, wie bei dem Knaben, etwas auffallend stark entwickelt vor den übrigen hervor. Sprunggelenk und Fussgelenk sind ebenfalls frei beweglich, Muskelanomalien keine zu bemerken. Was die nach der Geburt bald geheilte stärkere Verknickung betrifft, so scheint es mir kaum denkbar, dass sie nur ein höherer Grad der jetzt vorliegenden gewesen sein sollte, sondern wahrscheinlich war auch die Stellung der Gelenke der Fusswurzel klumpfüssig und ging bei der einfachen Behandlung zurück, während die des unbeweglichen Gelenkes aus den oben schon besprochenen Gründen bestehen blieb.

Ich war nun begierig zu ermitteln, ob die in diesen Fällen rein beobachtete Formveränderung des Fusses nicht auch bei den extremen angeborenen und vielleicht auch bei den im Leben noch mehr ausgebildeten Fällen von gewöhnlichem Klumpfuss, wobei ich früher nur die Veränderungen der Fusswurzel berücksichtigt hatte, mit im Spiele sei. Dieffenbach's Beschreibung der allmäligen Ausbildung der extremen Deformität im Leben durch das Gehen auf dem Fussrücken lässt dies vermuthen; aber nur Eine von seinen Abbildungen*) zeigt neben einer verhältnissmässig geringen Klumpfussstellung der Fusswurzel, wie man sie gewöhnlich als equino-varus bezeichnet, auch deutlich die Einknickung vor dem ersten Keilbeine, welche ich hier beschrieben habe, und sie macht die Schiefstellung viel beträchtlicher. Desgleichen ist die convexe Knickung des lateralen Fussrandes die doppelte: 1) die gewöhnliche hinter und 2) die vor dem Os cuboideum. Die Heilung erfolgte nach Durchschneidung der Plantaraponeurose, welche sich darauf eiterig entzündete (sowie der Achillessehne und des Flexor hallucis) bald. In geringerem Grade scheint aber auch bei mehreren anderen dieselbe Abweichung der Stellung des Metatarsus mit im Spiele zu sein, während bei den meisten auch die stärksten Schiefstellungen ausschliesslich in den hinteren Gelenken ihren Sitz haben. Eine Revision der hiesigen Präparate, die schon zu meiner früheren Beschreibung gedient haben, bestätigte dies ebenfalls, indem die Stellung des Mittelfusses zu den Keilbeinen sowie dieses zum Kahnbeine so gut wie ganz normal ist. Ein inzwischen hinzugekommener skeletirter Klumpfuss, an dem die Verdrehung des Fussgelenkes wegen Anchylose zwischen Talus und Cal-

*) Durchschneidung der Sehnen und Muskeln. Tafel XVI. Fig. 3. S. 184.

caneus nicht mehr hatte fortschreiten können, zeigt in höherem Grade die noch vor den Keilbeinen medianwärts gerichtete Schiefstellung der Mittelfussknochen. An denen der kleineren Zehen beruht sie rein auf übermässig schiefem Ansatz der hinteren Gelenkfläche an den Schaft des Knochens, also Formveränderung, der erste aber ist zugleich etwas vor dem Keilbein weg medianwärts verschoben.

Es kommt dies übrigens in mässigem Grade auch bei sonst ganz normalen Füssen vor. Unsere Sammlung hat einen solchen Fuss, an dem der erste Mittelfusskopf ziemlich weit medianwärts vorspringt, die grosse Zehe selbst dann aber wieder stark lateralwärts gerichtet ist. Mit dieser Schiefheit ist zugleich eine ungewöhnliche seitliche Beweglichkeit des ersten Mittelfussknochens verbunden. Vielleicht ist dies einer von den Füssen, auf welche sich die Notiz des früheren Directors unserer Anatomie L. Fick*) bezieht, dass nicht selten auch am Fusse die Beweglichkeit dieses Knochens an der Fusswurzel um zwei Achsen angedeutet sei. Nur würde er nicht erklären, wie ich es auch sonst noch nicht bestätigt gefunden habe, dass diese doppelte Beweglichkeit auch hier durch eine Andeutung einer sattelförmigen Berührungsfläche bedingt sein soll; denn das Keilbein verhält sich für diese Bewegung (auf dem Horizontaldurchschnitte) so gut wie für die um die Querachse (auf dem Sagittaldurchschnitte) als achsentragender (convexer) Theil.

Auch unter den Klumpfüssen an Früchten mit foetalen Hirnkrankheiten fand ich nur einen, an dem auch die Gelenke vorwärts vom Kahnbeine noch alle mit an der Schiefstellung Theil nahmen. Dieser machte zugleich eine kleine Ausnahme von der Regel, die ich im Gegensatze zu vielen älteren Beschreibungen aufgestellt habe, dass der Talus durchaus an keiner Stellungsveränderung ausser der übermässigen Drehung um die Querachse Theil nimmt. Denn er trug, sowie auch das Ende der Tibia, durch Torsion um den senkrechten Durchmesser der letzteren zur Verschiebung des Fusses nach hinten etwas bei**). Es waren aber hier offenbar auch die Bedingungen

*) Hand und Fuss, in Müller's Archiv f. Anat. u. Physiol. Jahrg. 1857 S. 450.

**) Dagegen war er auch hier nicht im Geringsten um seinen eigenen normal senkrechten (jetzt horizontalen) Durchmesser gedreht, und ebensowenig fand sich die als Grund hierfür von Stromeyer angenommene mangelhafte Ausbildung des Tibiaknöchels, die ich, wo sie sich findet, als secundär durch den Druck der Tuberosität des Schiffbeins bedingt erklärt habe. Es hatte sich auch hier ein Gelenk zwischen ihnen gebildet, aber der Knöchel war eher übermässig entwickelt als zu schwach.

der Missbildung ungewöhnlich zwingend. Aus den Contracturen der Hände, der Knie und des anderen Fusses, die sich zugleich vorfanden, liess sich mit grosser Wahrscheinlichkeit eine Lage der Extremitäten construiren, die sie sehr unveränderlich eingenommen haben müssen, und bei der der Klumpfuss mit dem Rücken hinter dem Ohre der anderen Seite anliegend zwischen der Seitenfläche des Kopfes und der anderen Fusswurzel muss zusammengedrückt gewesen sein.

Ausserdem habe ich nun aber die hier in Rede stehende Contractur des Metatarsus noch einmal in Verbindung mit der gerade entgegengesetzten der Fusswurzel, mit der angeborenen Plattfussstellung (Dorsalflexion und Abduction) bei einem Hydrocephalus gefunden (Fig. 2). Der Processus anterior calcanei liegt dem Fibulaknöchel beinahe ganz dicht an; die Keilbeine sind lateralwärts gerichtet, vor ihnen aber der Mittelfuss stark medianwärts, und zwar ebenfalls durch auffallend schiefe Ansetzung seiner hinteren Gelenkflächen an die Längsrichtung der Diaphysen, mit etwas Flächenverschiebung nur am ersten. Man könnte diese Form doppelter Knickung auch in dem Falle vermuthen, den ich auf Grund einer Abbildung von Little als Pes abductus inflexus beschrieben habe*); aber das Vorspringen des Proc. anterior calcanei zeigt deutlich, dass es hier schon am Os cuboid. heruntergeht und die Fussspitze steht lateral. Ich habe seitdem dieselbe Form auch selbst in der Klinik des Herrn Professor Roser zu beobachten Gelegenheit gehabt.

Der andere Fuss desselben Fötus zeigt eine zweite Form der Contractur des Metatarsus, namentlich des ersten, nämlich die reine Flexion in die Fusssohle hinab, ebenfalls mehr Formveränderung der Basis als Flächenverschiebung (Fig. 3). Sie verhält sich zum Hohlfusse wie jene zum Klumpfusse, indem sie eine ganz ähnliche Deformität darstellt, ohne dass die Fussgelenke betheiligt sind. Auch in diesem Falle liess sich ganz ungezwungen eine Lage der beiden Beine herstellen (Fig. 4), in der sie wahrscheinlich mit dem Steisse zu einem kegelförmigen Klumpen zusammengeballt gelegen haben und welche auch diese höchst seltenen Formen von Fussverkrümmung mit der Einkrümmung der Zehen an beiden als rein passiv durch Druck bedingt auffassen lässt. Denn die Spitze des linken stemmt sich dann gerade gegen das erste Keilbein des rechten, und wenn man sich nun das Ganze bei mangelndem Fruchtwasser von einem eng angeschlossenen Uterus allseitig

*) Diese Zeitschrift a. a. O. S. 73, Fig. 22.

beengt und zusammengedrängt denkt, so erklärt sich zugleich die Niederdrückung des rechten Metatarsus und die Knickung des linken Fussgewölbes mit der Andrängung seines hinteren Endes an die Fibula, wie aus der Figur leicht zu ersehen. So ähnlich werden wir uns nun wohl auch in den zuerst beschriebenen Fällen, welche ja sämmtlich auch angeboren sind (der eine von einem Zwillinge), die Ursache der Missbildung zu denken haben. Denn jede andere denkbare Veranlassung, wie unregelmässige Muskelinnervation und eine mässigere Beschränkung der Lagerung würde immer eher die leicht beweglichen Gelenke in eine extreme Stellung gebracht, als gerade das unbeweglichste so schief gestellt haben. So werden also die Defecte und die Spannungen einzelner Muskeln in dem ersten Falle von Baum als secundär entstandene Fehler anzusehen sein. Insbesondere würde die Contractur des M. abductor hallucis, wenn sie primär isolirt eingetreten wäre, eher die Zehe allein schief gestellt haben, wie Herr Hofrath Baum in einem anderen Falle dies wirklich wahrgenommen hat.

Ueberhaupt muss ich gestehen, dass mir nach Vergleichung mehrerer ganzer derartiger Missgeburten die Vorstellung passiver Bedingtheit der bei ihnen gewöhnlich vorkommenden Contracturen durch Zusammenballung der Extremitäten im Uterus in festen Lagen wieder viel allgemeiner plausibel wird, als man in neuester Zeit zuzulassen gewohnt ist. Wird auch unzweifelhaft die vorwiegende Häufigkeit der Klumpfüsse stets aus dem normalen Vorwiegen der Muskeln der Beugeseite erklärt werden müssen, so bleibt es doch für alle verschiedenen Formen gemeinsam eine sehr natürlich denkbare Veranlassung, dass auch, wenn der Foetus gar noch nicht sehr eng im Uterus liegt, doch seine Glieder, wenn er sich bald hier, bald dort der Wand desselben anlegt, allmälig in gewissen Stellungen sich zusammenwickeln und sie dann nicht mehr verlassen, sobald bei centraler Paralyse die eigenen Bewegungen fehlen, durch welche dieselben normaler Weise immer von Zeit zu Zeit verändert werden. Für die selteneren Formen aber, die nicht einfach durch Umschlagen in die eine oder andere Hauptrichtung der Bewegung allein abzuleiten sind, wird man sicher in der Regel, so wie ich es eben für die vorliegenden versucht habe, auf die Annahme einer beträchtlich beengten Lagerung zurückgehen müssen und mit inneren Ursachen nicht durchkommen.

Ueber die Bedeutung der Purkyně'schen Fäden im Herzen.

Von Dr. Ch. Aeby in Basel.

(Hierzu Tafel V.)

Bei der grossen Aufmerksamkeit, welche die neuere Histologie der Erforschung der quergestreiften Muskelsubstanz zugewendet, ist es auffallend, dass eine darauf bezügliche merkwürdige Beobachtung von Purkyně fast gänzlich unberücksichtigt geblieben ist. Schon vor einer Reihe von Jahren*) hatte derselbe im Herzen mancher Säugethiere ein dem Endocardium dicht anliegendes System grauer Fäden gefunden, die unter dem Mikroskope zu schönen kernhaltigen Zellen sich auflösten. Anfänglich war er geneigt, sie dem Knorpelgewebe beizuzählen, später aber erkannte er deren contractile Natur und glaubte sie als einen besonderen Bewegungsapparat des faserigen Ueberzugs der inneren Herzoberfläche auffassen zu müssen. Erst lange nachher wurden diese Angaben wieder aufgegriffen. Kölliker**) erklärte sich für mit quergestreifter contractiler Substanz gefüllte Zellen und verfolgte deren Contractionen direct unter dem Mikroskope. Zuletzt widmete ihnen von Hessling***) eine eingehende Besprechung. Durch Herrn Prof. His vor Kurzem auf diese eigenthümlichen Gebilde aufmerksam gemacht, unterwarf ich dieselben um so lieber einer erneuten Prüfung, als ihre Stellung gegenüber der normalen Herzmuskulatur von den genannten Forschern gar nicht oder nur ungenügend erörtert worden war. Aus hier nicht weiter zu besprechenden Gründen halte ich es für wahrscheinlich, dass alle quergestreiften Muskelfasern ihre Entstehung einer Verschmelzung von Zellen verdanken; für diejenigen des Herzens ist dies in vielen Fällen von Weismann†) bewiesen worden. Ich vermuthete,

*) Müller's Archiv. Jahrgang 1845. S. 294.

**) Handbuch der Gewebelehre. 1. Aufl. 1852. S. 67.

***) Histologische Mittheilungen. Zeitschrift für wissensch. Zoologie von Siebold und Kölliker. Bd. V. 1854. S. 189.

†) Ueber die Muskulatur des Herzens beim Menschen und in der Thierreihe. Archiv f. Anat. und Phys. von Reichert und Dubois-Reymond. 1861. S. 41.

dass die Purkyně'schen Zellen in irgend welcher Beziehung zu dieser Entwickelung der Herzfasern stehen möchten und richtete darauf mein besonderes Augenmerk. Der Erfolg entsprach durchaus meinen Erwartungen.

Die Untersuchungsmethode war eine sehr einfache. Obgleich manche Verhältnisse an frischen Objecten sich leicht verfolgen lassen, so ist doch zur bequemen Forschung eine Isolirung der fraglichen Gebilde unerlässlich. Ich benutzte dazu die schon früher von mir*) für dergleichen Zwecke als trefflich erkannte Salzsäure. Sie besitzt nur den einen in unserem Falle leicht zu verschmerzenden Nachtheil, dass die Kerne meist sehr undeutlich werden**).

Was zunächst die gröberen morphologischen Verhältnisse anbetrifft, so habe ich den uns namentlich durch Hessling gewordenen Mittheilungen kaum etwas zuzufügen. Auch mir begegneten diese Stränge in grösster Menge unmittelbar am Endocardium; ihr Vorkommen im Innern der Wandungen schien mir sehr selten zu sein. Die Anordnung der Zellen selbst ist eine wechselnde; im Allgemeinen lässt sie sich als eine strangförmige oder flächenartig ausgebreitete bezeichnen, obwohl zwischen beiden Formen die mannigfaltigsten Uebergangsstufen auftreten. Charakteristisch für die erste Art ist die Aneinanderlagerung der einzelnen Zellen zu längeren oder kürzeren Reihen, die dann unter einander wiederum zu rundlichen Strängen sich vereinigen. Zuweilen ist die Reihe eine durchaus einfache und äusserst regelmässige, meistens aber legen sich in demselben Querschnitt mehrere unregelmässig neben einander. Die einzelnen Stränge treten wiederum zu einem unregelmässigen Netzwerke, das theilweise mit blossem Auge sichtbar ist, zusammen. Häufig verzweigen sie sich in der Weise, dass mehrere anfänglich zu einem Stamm verbundene Zellenreihen auseinanderweichen. Bei der flächenhaften Anordnung treten die Reihen in den Hintergrund oder verschwinden gänzlich. In einfacher Weise ordnet sich Zelle zu Zelle;

*) Ueber die Beziehungen der Faserzahl zum Alter des Muskels. Zeitschr. f. rat. Med. III. Reihe. Bd. 14. S. 182.

**) Ich will hier nicht unterlassen, auf ein einfaches Experiment aufmerksam zu machen, das mit geringer Mühe die Selbstständigkeit der Herzkammermuskulatur gegenüber derjenigen der Vorhöfe zu zeigen gestattet. Wird nämlich ein unverletztes Herz in der angegebenen Weise mit Salzsäure behandelt, so lösst sich mit den übrigen bindegewebigen Theilen der annulus fibrocartilaginosus vollständig auf und es fallen Vorhöfe und Kammern als zwei durchaus unverletzte und von einander unabhängige Muskelkörper auseinander.

dabei sind es nur zwei einander gegenüberstehende meist schmalere Seiten, die mit den Nachbarinnen in Verbindung treten und zwar oft regelmässig so, dass je ein Zwischenraum zwischen zwei Zellen auf die Mitte einer andern trifft, ähnlich dem Fugenschnitt einer Backsteinmauer. Auch hier entwickelt sich demnach ein enges Netzwerk, da die Langseiten der Zellen nicht verschmelzen, oder, wenn man lieber will, eine stellenweise von engen Spalten und Lücken durchbrochene Membran. Die Nähte, wo zwei Zellen zusammentreten, bieten oft ein äusserst auffallendes Bild. Statt der einfachen Linie, die sonst aus der Verschmelzung von Zellenmembranen hervorgeht, finden wir nämlich hier eine rosenkranzartige Figur, die dadurch entsteht, dass rundliche, starklichtbrechende Körner in einfacher oder mehrfacher Reihe sich aneinanderlegen. Nach Allem, was ich gesehen, muss ich diese Bilder auf Hohlräume oder Vacuolen zurückführen, über deren Bedeutung und Entstehung ich freilich zu keiner bestimmten Einsicht habe gelangen können. Oft schien es mir, als entständen sie dadurch, dass die aneinander gelagerten Wandungen zweier Zellen nur partiell mit einander verschmelzen, während die frei gebliebenen Theile dann zur Höhlenbildung verwendet werden; in andern Fällen aber gewann es wiederum den Anschein, als ob diese Höhlungen dem Zelleninhalte selbst angehörten. Welche dieser Vermuthungen die richtige, wage ich nicht zu entscheiden. Am schönsten fand ich dies Verhältniss bei einem erwachsenen Hunde entwickelt (Fig. 1).

Wie die Anordnung der Zellen, so ist auch deren Form mannigfachen Abänderungen unterworfen. Ursprünglich ist sie sonder Zweifel die rundliche; im Gedränge hat sie sich jedoch meist zu einer polygonalen umgewandelt, wodurch das ganze Gewebe oft eine auffallende Aehnlichkeit mit Pflanzengebilden annimmt; hierzu trägt noch die Grösse der einzelnen Elemente sowie die überraschende Regelmässigkeit der Abplattung wesentlich bei. Einfache Zellenkörper sind weitaus die häufigsten, doch sind auch kurze, stumpfe, stummelförmige Ausläufer nicht allzu selten. Als bemerkenswerth mag noch der Umstand hervorgehoben werden, dass sehr häufig die Längenausdehnung beträchtlich den Querdurchmesser überwiegt. Zur Verbindung mit anderen Zellen wird immer nur der letztere verwendet. Alle diese Verhältnisse sind in Fig. 1 nach einem Präparat vom Hunde dargestellt. Durch dieses Ueberwiegen des Längsdurchmessers erhalten die einzelnen Zellen Aehnlichkeit mit Kürbiskernen, und die aus ihrer Vereinigung hervorgegangenen gegliederten Fäden erinnern häufig unwill-

kürlich an Bandwurmformen. Das Verhalten der Kerne habe ich nicht weiter verfolgt; etwas Besonderes scheint es nicht darzubieten. Verwickelter als hier wird die Vereinigung der Zellen von Hessling (a. a. O. S. 193) geschildert. Er sagt nämlich darüber: „Die Körner werden durch eine höchst durchsichtige, gelatinöse, quergestreifte Masse, welche sowohl ihre äusseren Flächen überzieht, als auch ihre Zwischenräume ausfüllt, gleichsam zusammengekittet. Diese Bindesubstanz hat die physikalischen wie chemischen Eigenschaften der Muskeln.“ Ich kann dieser Schilderung nicht beistimmen und vermuthe, dass Hessling von normalem, seinen Präparaten eng anhaftendem Muskelgewebe sich habe täuschen lassen. Solches findet sich allerdings häufig in den Lücken der fraglichen Gebilde, aber ohne die Bedeutung einer verkittenden Zwischensubstanz. Hiervon kann man bei Behandlung des ganzen Gewebes mit Salzsäure sich des Bestimmtesten überzeugen, indem dann die beiden Bestandtheile sich aufs Schönste auseinanderlösen, und zwar ohne dass die Continuität des einen oder des andern im Geringsten aufgehoben würde. Quergestreifte Substanz kommt allerdings auch bei diesen Zellen in Betracht, allein dieselbe findet sich, wie schon Kölliker erkannt hat, nicht ausserhalb, sondern innerhalb derselben, und zwar häufig nur als peripherische Auflagerung auf die Membran. Es lässt sich diese Anordnung der Form zuweilen aufs Schärfste erfassen; man erkennt deutlich, wie der Mittelpunkt der Zelle von einem den Kern enthaltenden Hohlraum eingenommen wird. Von Bedeutung ist diese Beobachtung gegenüber der vereinzelt aufgetretenen Anschauung, dass die quergestreifte contractile Masse nicht intra- sondern intercellulär sei.

Auf das Vorhandensein dieser eigenthümlichen Gebilde lässt häufig schon die einfache Prüfung mit unbewaffnetem Auge schliessen, dann nämlich, wenn sie in Form gröberer Fäden, wie namentlich im Herzen von Wiederkäuern, auftreten. Das Fehlen der letzteren berechtigt aber in keiner Weise zu dem Schlusse, dass auch die ersteren überhaupt nicht vorhanden seien. Ich nenne hier beispielsweise den Hund und die Katze, die nach Purkyně derselben entbehren sollen, die sie jedoch nach meinen Erfahrungen selbst in ausgezeichneter Entwickelung besitzen, freilich ohne dass makroskopische Bilder sich erzeugten. In gleicher Weise verhält sich noch Mustela foina und der Igel, wenigstens im nahezu erwachsenen Zustande, ebenso das Huhn. Dagegen kann ich die Abwesenheit derartiger Theile für den Menschen und das Kaninchen bestätigen, für die Hausmaus und den Maulwurf neu hinzufügen.

Ihr Verhalten ist dabei ein so übereinstimmendes, dass an ihrer Identität nicht der geringste Zweifel sich erheben kann. Schon Hessling hatte bei den Wiederkäuern eine Verschmelzung der „Körner" und einen Uebergang der Körnerreihen in homogene Muskelfäden beobachtet, weshalb er sich auch zu dem Ausspruche veranlasst sah, dass die Körner „neben einanderliegende Stücke getrennter Muskelsubstanz" oder „Stücke zerfallener Muskelstränge" darstellten. Was unter diesen Ausdrücken verstanden wird, ist mir nicht klar geworden; immerhin glaube ich in der Annahme nicht zu irren, dass Hessling zwischen diesen Körnerreihen und der Entwickelung der normalen Herzmuskulatur keine innigeren Beziehungen erkannt hat. Diese existiren nun aber in der That und zwar in einer Weise, welche diesen Gebilden ein weit höheres Interesse als das einer blosen Curiosität zusichert. Untersucht man nämlich bei jüngeren Thieren diese Zellenfäden und Zellennetze etwas genauer, so findet man bald der Anzeichen genug, die den Untergang der einzelnen Zellen als selbstständige Glieder ankündigen. In der äusseren Form verräth sich dies zunächst dadurch, dass die bauchige Gestalt allmälig in eine rein cylindrische übergeht, dass mit andern Worten der knotige Faden in einen gleichmässig rundlichen Strang sich umwandelt, der von den fertigen Muskelfasern sich nur noch dadurch unterscheidet, dass sein Inneres von queren Scheidewänden, den verschmolzenen Abschnitten der Zellmembranen, durchsetzt wird. Anfänglich treten dieselben mit grosser Klarheit als glänzende doppelt conturirte Linien hervor, später aber erscheinen sie getrübt, wie zerfressen, und verschwinden endlich ganz allmälig durch Resorption. Hiermit ist denn die normale Muskelfaser fertig. Den hier geschilderten Process habe ich in allen seinen Stadien beim Hunde, bei der Ziege und beim Schafe verfolgt; in jugendlichen Individuen findet man stets alle Uebergangsstufen neben einander. Es ergibt sich daraus mit Gewissheit, dass wir es hier mit Entwicklungsformen der Herzmuskelfasern zu thun haben und es entsteht die Frage, ob nicht auch in jenen Fällen, wo diese Bildungen fehlen, in früheren Stadien deren Vorhandensein sich nachweisen lasse. Die Bejahung dieser Frage hat schon a priori viel für sich, da eine verschiedene Entwicklungsweise ein und derselben Faser in ein und demselben Organ nicht wohl denkbar ist. Eine Zusammensetzung der Herzmuskelbalken aus Spindelzellen hat Weismann (a. a. O. S. 55) beschrieben. Ich selbst habe mein Augenmerk vorzugsweise auf den Menschen gerichtet und da allerdings bei einem dreimonatlichen Kinde die-

selben ausgezogenen Zellen mit abgestutzten Enden beobachtet, die wir bei manchen Thieren auch später vorfinden. Sie waren nur noch spärlich in der Nähe des Endocards vorhanden, während die übrige Muskulatur aus normalen Fasern bestand. Dabei war ihr Verhalten das bereits beschriebene. Aneinander gereiht bildeten sie Reihen und Netzwerke, deren Uebergang in gewöhnliche Muskelfasern sich verfolgen liess. Immerhin ist dies bei der Kleinheit der Elemente mit einiger Schwierigkeit verbunden. Nichtsdestoweniger können wir mit grösster Leichtigkeit die allgemeine Gültigkeit des oben geschilderten Entwicklungsganges für alle Herzfasern nachweisen. So frühzeitig nämlich die ersten Stadien vorübergehen, so lange, selbst bis zum höhern Alter, bleiben die späteren bestehen. Als solche haben wir jene ausgezeichnete Form kennen gelernt, wo eine anscheinend normale und einfache Muskelfaser im Innern von Scheidewänden durchsetzt wird. Dies Bild ist ein so klares und zugleich so auffälliges, dass ich kaum begreife, wie es bis jetzt sämmtlichen Histologen und namentlich in neuester Zeit Weissmann hat entgehen können. Ich begreife dies um so weniger, als es zu einer gewissen Zeit fast sämmtlichen Herzfasern zukömmt. Ich habe es in allen untersuchten Herzen gefunden. Bei einem fünfjährigen Knaben besassen alle Muskelfasern, ob einfach oder verzeigt, im Innern sehr schöne Scheidewände in grösserem oder geringerem Abstande von einander (Fig. 2). Wie lange Zeit aber die vollkommene Entwickelung sich verzögern kann, lehrt das Beispiel eines erwachsenen Menschen, wo die Scheidewände sich noch überall erhalten hatten. Das Aussehen war hier ein ausserordentlich zierliches, da die Grösse der einzelnen Glieder stellenweise eine äusserst übereinstimmende war (Fig. 3). Ein solches Muskelbündel bot das Bild von gegliederten Rohrstäben. Bei einem zweiten Menschen war die Bildung schon eine weiter vorgeschrittene, indem die Zusammensetzung aus Zellen stellenweise schon ganz verwischt, stellenweise aber noch spurweise vorhanden war. Dasselbe zeigte auch das Herz des Kaninchens und der Hausmaus, wo ich den Process nicht weiter rückwärts verfolgt habe. So wenig nun bei der weiten Verbreitung dieser Bildung und bei der Klarheit der Präparate an irgend welche Täuschung zu denken ist, so sehr muss doch für den einzelnen Fall vor Verwechslung mit zufälligen Vorkommnissen gewarnt werden. Kleine Risse oder querlaufende Bindegewebsfasern können Aehnliches vorspiegeln.

In dem Gesagten ist der Beweis für die Entwickelung der Herzmukulatur nach einheitlichem Plan geliefert. Eine jede

Faser stellt in der That ein Organ dar, eine aus einer Vielheit von Zellen hervorgegangene Einheit. Unwesentlich ist der Unterschied, welcher dadurch bedingt wird, dass bei verschiedenen Thieren die Erzeugung dieser Organe zeitlich auseinanderfällt. Beim Kaninchen und beim Menschen, vielleicht auch bei der Hausmaus und dem Maulwurf werden schon frühzeitig durch Aufbrauch des ganzen Bildungsmaterials sämmtliche Fasern gebildet, bei den übrigen untersuchten Thieren vertheilt sich dieser Vorgang auf einen langen Zeitraum, ja ein Theil der Bildungszellen vermag sich während des ganzen Lebens zu erhalten. Diese sind es, die, massenhaft auftretend, in gewissen Fällen als Purkyně'sche Fäden zur Erscheinung kommen. Dass sie dabei im Verlaufe der Zeit gewisse Eigenthümlichkeiten annehmen, darf nicht auffallen. Ohne Zweifel vermehren sie sich, dem Verhalten der Kerne nach zu urtheilen, durch Theilung.

Ob eine fortwährende, regelmässige Bildung neuer Muskelfasern auch in höherem Alter vor sich gehe, darüber wage ich kein Urtheil. Möglich ist es, da auch dann noch der Verschmelzungsact beobachtet wird. Freilich ist es wahrscheinlich, dass er hierin, ähnlich anderen Entwicklungsvorgängen, nur leise ausklingt. Darin unterscheidet er sich von dem jugendlichen lebenskräftigen Stadium, dass ganze Zellencomplexe gleichsam zusammensintern, während früher stets nur einfache Reihen zu Fasern verschmolzen. Dafür spricht wenigstens entschieden, dass alle Scheidewände einfach quer durchlaufen. Ich kann deshalb auch nicht glauben, dass Weismann's Darstellung, wonach in einandergeschobene Spindelzellen mit einander allseitig verschmelzen sollen, vollkommen der Natur entspricht und namentlich möchte ich es für mehr als wahrscheinlich erklären, dass die von ihm aus dem Herzen von Säugethieren (a. a. O. Taf. III. Fig. 14) gegebenen Abbildungen, welche die Spuren solcher Verschmelzungen darstellen sollen, nichts anderes als Kunstproducte sind. Ich wenigstens habe nie etwas derartiges gesehen; als Ausnahme wäre es möglich, wenn nicht überhaupt das einer durch das Reagens in lauter Bruchstücke zerfällten Faser entnommene Präparat nur wenig Zutrauen verdiente. — Zum Schlusse mag noch der mysteriösen Bedeutung gedacht werden, die Remak*) den besprochenen Zellen, die er als gallertartige grosse Kugeln auffasst, zuschreibt. Nach ihm sollen sie nämlich den Zweck besitzen, „die Leistungsfähigkeit der Muskelfasern des

*) Ueber die embryologische Grundlage der Zellenlehre. Archiv für Anatomie und Physiologie. Jahrg. 1861. S. 231.

sehr festen und elastischen Endocardiums so viel herabzusetzen, als nöthig ist, um eine vollständige Entleerung der Herzkammern verhindern zu helfen." Dass hiervon nicht die Rede sein kann, braucht nach dem Gesagten nicht weiter bewiesen zu werden.

Ich glaube an einem andern Orte*) gegenüber Weismann und Budge bewiesen zu haben, dass in der Stammmuskulatur eine Vermehrung der Muskelfasern während des Wachsthums nicht vorkommt. Es liegt wohl auf der Hand, dass dieser Satz durch das Vorhergehende keinen Eintrag erleidet. Im Herzen bleibt eben ein Vorrath von Bildungsmaterial vorhanden. Sobald aber dieser erschöpft ist, so hört selbstverständlich jede Neubildung von Muskelfasern auf. Dies ist beim Menschen der Fall, und sein Herz verhält sich demnach eben so, wie z. B. der Sartorius des Frosches. Die Hypertrophie des menschlichen Herzens muss daher einfach auf die Dickenzunahme seiner Fasern zurückgeführt werden. Es wäre von Interesse, hypertrophische Herzen von solchen Thieren zu untersuchen, die ein Magazin von Baumaterial für neue Elemente besitzen. Ob wohl ein Wucherungsprocess hier Platz greift?

Endlich noch eine physiologische Betrachtung. Unsere Erfahrungen sprechen dafür, dass eine im Muskelschlauche entstandene Contractionswelle nur eine in continuirlichem Zusammenhang stehende contractile Masse zu durchlaufen vermag, dass demnach der in Einer Muskelfaser vorhandene Reiz nicht im Stande ist, durch das Sarcolemm hindurch auf eine zweite sich fortzupflanzen. Was für zwei fertige Fasern gilt, das muss wohl auch auf die getrennten Abschnitte einer gegliederten Faser Anwendung finden, da ja die Scheidewände aus derselben Substanz bestehen, wie die äussere Hülle, mithin ebenfalls dämmend dem Reize entgegentreten. Um eine allgemeine Contraction zu ermöglichen, müsste demnach jedes Glied seinen besonderen Nerv erhalten, was gewiss nicht der Fall ist. Ich zweifle auch keinen Augenblick daran, dass eine solche allgemeine Verkürzung anfänglich unmöglich und zu ihrem Zustandekommen eine vorhergehende Durchbrechung der Scheidewände nothwendig ist. Ich halte deshalb, aber freilich ohne es durch directe Beobachtung nachweisen zu können, eine frühzeitige theilweise Resorption derselben für wahrscheinlich und die bei älteren Fasern noch vorhandene Gliederung für den Ausdruck eines peripherischen ringförmigen Ueberrestes ursprünglicher Trennungsscheiben. Eine vollkommene Scheidewand möchte vielleicht nur kurzen Bestand haben.

*) Zeitschr. f. rat. Med. III. Reihe. Bd. 14. S. 182 ff.

Nachtrag.

Die vorliegende Abhandlung war bereits zum Drucke abgegangen, als mir eine Arbeit Gastaldi's*) mit genau entgegengesetzten Resultaten zu Gesicht kam. Bei der Klarheit, womit ich die beschriebenen Verhältnisse sowohl an ganz frischen als auch an mit Salzsäure behandelten Präparaten hatte verfolgen können, war mir eine solche Angabe sehr überraschend und die Vermuthung naheliegend, ob nicht vielleicht die von Gastaldi zur Isolirung der Fasern gebrauchte Kalilauge hier ins Spiel käme. Ich überzeugte mich hiervon auch sofort, als ich zu einem frischen, sehr schönen Präparate das genannte Reagens brachte und nun alle Scheidewände sehr bald erblassen sah, so dass sie schliesslich kaum noch sich erkennen liessen; es erklärt sich hieraus leicht, wie sie von dem genannten Forscher konnten übersehen werden. Auf die Purkyně'schen Zellen hatte derselbe so wenig als vor ihm Weismann Rücksicht genommen. Letzterer hat vor Kurzem**) für die Trefflichkeit der Moleschott'schen Flüssigkeit eine Lanze eingelegt, nachdem ich neben voller Anerkennung ihrer Vorzüge einige Einwürfe gegen dieselbe erhoben und in Folge davon die von Weismann zur Aufstellung einer Längstheilung von fertigen Muskelfasern benutzten Bilder für Kunstproducte erklärt hatte***). In letzerer Beziehung verspricht er mir eine specielle Widerlegung; ich kann diese um so ruhiger abwarten, als meine Angaben seither von anderer Seite Bestätigung gefunden haben und Mittheilungen darüber von Herrn Dr. F. Müller in Basel in Aussicht stehen. Befremdend aber ist mir, wie Weismann meine Beweisführung damit glaubt schlagen zu können, dass der von mir gethane Ausspruch, man erhalte mit Kalilauge „nie ein nettes und reinliches Präparat", falsch sei. Als ob ich auf dies Verhältniss auch nur das geringste Gewicht gegenüber den in Frage stehenden Processen gelegt hätte! Wenn Weismann sich die Mühe nehmen will, zu den von ihm citirten Zeilen noch einige darauf folgende zu lesen, so wird er meine ernstlichen Einwürfe finden und diese halte ich, sowie alles andere, aufrecht. Auch Kölliker†) hat sich von der Richtigkeit der Weismann'schen Angaben nicht überzeugen können. Wenn er trotzdem eine Längstheilung von Muskelfasern annimmt und sich dabei auf Bündel feiner und auf gröbere von Platten durchsetzte Fasern beruft, so ist er den Beweis schuldig geblieben, dass beide in causalem Zusammenhang mit einander stehen. Auch mir sind Fasern letzterer Art vorgekommen, die ich nicht für Kunstproducte, wohl aber gleich den verästelten Muskelfasern für ursprüngliche Bildungen halte. Dass eine Vermehrung der Faserzahl normaler Weise nicht stattfinde, habe ich aus meinen Zählungen am Sartorius des Frosches geschlossen. Sollte aber an der einen oder andern Stelle eine solche beobachtet werden, so beruht sie, wie auch die Vorgänge im Herzen lehren, zweifelsohne auf ganz andern als den von Weismann und von Kölliker angenommenen Bedingungen.

*) B. Gastaldi, Neue Untersuchungen über die Muskulatur des Herzens. Würzburger naturwissenschaftl. Zeitschr. Bd. 3 S. 6.

**) A. Weismann, Ueber die zwei Typen contractilen Gewebes u. s. w. Zeitschrift f. rat. Med. 3. Reihe. Bd. 15 S. 64.

***) Zeitschr. f. rat. Med. 3. Reihe. Bd. 14 S. 182.

†) Unters. über die letzten Endigungen der Nerven. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie. Bd. 12 S. 162.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Muskelzellen von verschiedener Form und Vereinigungsweise aus dem Herzen eines erwachsenen Hundes. Mit Salzsäure isolirt.

Fig. 2. Eine gegliederte verzweigte Muskelfaser aus dem Herzen eines fünfjährigen Knaben. Mit Salzsäure isolirt.

Fig. 3. Zwei sehr regelmässig gegliederte Muskelfasern aus dem Herzen eines erwachsenen Menschen. Mit Salzsäure isolirt.

Die Sphäroidgelenke der Extremitätengürtel.

Vorläufige Mittheilung

von Dr. **Ch. Aeby** in Basel.

Die in jeder Hinsicht so ausgezeichnete Stellung des Schulter- und Hüftgelenkes hat in den wissenschaftlichen Untersuchungen über die Vereinigungsweise der Knochen bisher noch keinen entsprechenden Ausdruck gefunden. Es darf dies wohl einigermaassen befremden, wenn man sieht, wie gerade die Neuzeit zum Theil weit weniger bedeutende Gelenke einer sorgfältigen und eingehenden Besprechung gewürdigt hat. Der Grund mag theilweise in der althergebrachten Bezeichnung der „Kugelgelenke“ zu suchen sein, in Folge deren man sich gewöhnt hat, mit ihnen den Begriff einer sehr einfachen und durch die Mathematiker bereits genugsam erforschten Bildung zu verbinden. Durch anderwärtige Arbeiten darauf geführt, habe ich es unternommen, diese Verhältnisse beim Menschen und bei einer Anzahl von Wirbelthieren einer genaueren Prüfung zu unterwerfen. Sie führte sehr bald zu Ergebnissen, die ich ihrer besonderen physiologischen Bedeutung wegen um so eher im Auszuge vorläufig glaube mittheilen zu dürfen, als die ausführliche Abhandlung erst nach unbestimmter Zeit im Verein mit andern vergleichend-anatomischen und physiologischen Untersuchungen über die Extremitäten der Wirbelthiere der Oeffentlichkeit wird übergeben werden können.

Als wesentlichste Frucht meiner Arbeit stelle ich die Thatsache an die Spitze, dass die Oberfläche der sogenannten Kugelgelenke der Hüfte und der Schulter nur in seltenen Fällen ein wirkliches Kugelsegment darstellt. Zwar gehört

sie überall einem Rotationskörper an, entstanden durch Drehung eines Kreisbogens um eine feststehende Achse, aber diese Achse geht nicht, wie bei der Bildung einer Kugel, durch den Mittelpunkt des Kreises, sondern sie liegt ausserhalb desselben und zwar so, dass der Radius des Drehungsbogens stets kleiner ist als derjenige des rotirenden Kreissegmentes. Wir haben es demnach mit einer Gelenkform zu thun, die am ehesten der Condylarthrosis von Cruveilhier zu entsprechen scheint und sich dadurch charakterisirt, dass die gekrümmte Fläche zwei rechtwinklig sich durchschneidende Achsen von verschiedener Länge besitzt. Es wäre noch zu untersuchen, ob nicht vielleicht sämmtliche Gelenke der genannten Kategorie auf ähnliche Rotationskörper wie diejenigen der Extremitätengürtel sich zurückführen lassen. In unserem Fall wird das Verhältniss noch dadurch verwickelter, dass das einzelne Gelenk nicht nur einen, sondern in der Regel Abschnitte von zwei Rotationskörpern enthält, deren Radien häufig sehr beträchtlich von einander abweichen.

Merkwürdig ist dabei, dass die kleineren Radien stets dem nach innen, die grösseren dem nach aussen hin gelegenen Theile des Gelenkkopfes angehören. Die Kante, welche an der Berührungslinie beider Flächen dadurch entsteht, dass der eine Bogen flacher als der andere gekrümmt ist, wird im Sinne einer Tangentialebene des letzteren abgetragen. Zuweilen zeichnet sich das auf diese Weise entstandene Feld schon durch andere Politur aus. Von der grössern oder geringern Verschiedenheit der beiden Körper wird es abhängen, ob sie mehr gleichförmig in einander übergehen, oder aber ob sie in einer deutlichen Kante sich von einander absetzen. So gross nun in diesen allgemeinen Beziehungen die Uebereinstimmung zwischen Schulter- und Hüftgelenk, so sehr weichen sie in anderer Hinsicht von einander ab. Zuerst spricht sich eine entgegengesetzte Entwicklungsrichtung darin aus, dass in der Schulter der grössere, in der Hüfte der kleinere Rotationskörper die Oberhand gewinnt, und zwar in dem Grade, dass unter Umständen dort der kleine, hier der grosse Rotationskörper vollständig ausfällt und wir nur noch einen einzigen Rotationskörper vor uns haben. Ausserdem sind aber im Schultergelenk die verwendeten Krümmungsflächen der Aequatorialgegend, im Hüftgelenk der Polargegend des Rotationskörpers entnommen. Der Pol selbst wird in letzterem Falle von dem obersten Ende der fossa capitis eingenommen. Diesem Umstande namentlich ist es zuzuschreiben, wenn die beiden Gelenkformen in ihrer äusseren Gestaltung so wesentlich von einander abweichen,

während sie doch im Grunde aus ein und demselben Bildungsprocesse hervorgegangen sind. Hinsichtlich der allseitigen Beweglichkeit ist das einzelne Gelenk um so vollkommener, je ähnlicher einerseits die beiden Rotationskörper sich zu einander verhalten, und je geringer anderseits der Unterschied zwischen den verschiedenen Radien sich ausprägt. Um in dieser Beziehung ein Urtheil zu ermöglichen, mögen einige Beobachtungen, die auf gut Glück herausgegriffen wurden, hier eine Stelle finden. Bezeichnen wir der Kürze halber den Radius des rotirenden Kreises mit R und denjenigen des Drehungskreises mit r, sowie den Grössenunterschied beider, also die Excentrität des letzteren mit E, so ergibt sich folgende Reihe, wenn sämmtliche Zahlen auf die absolute Grösse in Millimetern sich beziehen.

A. Humerus.

	Grösserer Rotationskörper.			Kleinerer Rotationskörper.		
	R.	r.	E.	R.	r.	E.
Homo	24.0	23.5	0.5	21.8	13.7	8.1
Delphinus delphis	14.0	12.8	1.2	.	.	.
Camelus Dromedarius	49.2	41.3	7.9	.	.	.
Myrmecophaga jubata	17.6	14.5	3.1	.	.	.
Capra hircus	27.0	22.0	5.0	17.5	9.9	7.6
Chelone Mydas	19.0	14.7	4.3	.	.	.
Equus Caballus	58.0	36.0	22.0	36.0	31.5	4.5
Bos Taurus	66.0	51.0	15.0	57.2	50.0	7.2

B. Femur.

	Kleinerer Rotationskörper.			Grösserer Rotationskörper.		
	R.	r.	E.	R.	r.	E.
Homo	29.1	26.0	3.1	.	.	.
Delphinus delphis	.	.	.	.	.	.
Camelus Dromedarius	24.2	24.2	0	48.5	24.2	24.3
Myrmecophaga jubata	13.7	13.7	0	.	.	.
Capra hircus	11.0	10.8	0.2	49.0	10.8	38.2
Chelone Mydas	11.9	11.3	0.6	∞	11.0	∞
Equus Caballus	29.5	23.0	6.5	52.5	29.6	22.9
Canis familiaris	9.1	8.8	0.3	10.8	9.0	1.8
Bos Taurus	36.4	29.0	7.4	97.5	30.8	66.7

Berechnen wir die gegebenen Grössen procentisch, indem wir überall R = 100 setzen, und ordnen wir die gewonnenen Resultate nach der Grösse von E, so erhalten wir:

A. Humerus.

	Grösserer Rotationskörper.			Kleinerer Rotationskörper.		
	R.	r.	E.	R.	r.	E.
Homo	100	97.9	2.1	100	62.8	37.2
Delphinus delphis	100	91.4	8.6	.	.	.
Camelus Dromedarius	100	83.9	16.1	.	.	.
Myrmecophaga jubata	100	82.4	17.6	.	.	.
Capra hircus	100	81.5	18.5	100	56.6	43.4
Chelone Mydas	100	77.4	22.6	.	.	.
Bos Taurus	100	77.3	22.7	100	87.4	12.6
Equus Caballus	100	62.1	37.9	100	87.5	12.5

B. Femur.

	Kleinerer Rotationskörper.			Grösserer Rotationskörper.		
	R.	r.	E.	R.	r.	E.
Delphinus delphis	.	.	.	.	.	.
Camelus Dromedarius	100	100	0	100	49.9	50.1
Myrmecophaga jubata	100	100	0	.	.	.
Capra hircus	100	98.2	1.8	100	22.0	78.0
Canis familiaris	100	96.7	3.3	100	83.3	16.7
Chelone Mydas	100	96.5	3.5	100	.	.
Homo	100	89.3	10.7	.	.	.
Bos Taurus	100	79.7	20.3	100	31.6	68.4
Equus Caballus	100	77.8	22.2	100	56.4	43.6

Ohne weitere physiologische Folgerungen zu ziehen, will ich nur darauf aufmerksam machen, wie in den beiden procentischen Tabellen die Reihenfolge der Geschöpfe wesentlich dieselbe bleibt und nur der Mensch von der Höhe, die er in Beziehung auf seinen Humerus einnimmt, durch das Femur tief herabsinkt. Auch das mag noch hervorgehoben werden, dass nicht allein der Hauptrotationskörper eines jeden Gelenks weniger excentrisch ist als der Nebenkörper, sondern dass auch das Hüftgelenk im Allgemeinen der Kugelform näher steht als das Schultergelenk.

Es versteht sich von selbst, dass aus den hier gemachten Angaben nicht ohne Weiteres auf die physiologisch wirklich verwerthbaren Bewegungen darf geschlossen werden, doch ist die Voraussetzung wohl nicht allzu gewagt, dass die Einrichtung des Bandapparates im Allgemeinen mit der Gelenkform im Einklang stehen möchte. Ueber diesen Gegenstand hoffe ich später noch genauere Mittheilungen machen zu können.

Bis dahin mag auch die physiologische Verwerthung der angeführten Thatsachen auf Grund ausgedehnterer Versuchsreihen, sowie die Beschreibung des besonderen Apparates, vermittelst dessen es möglich ist, die Krümmungsverhältnisse von Gelenkoberflächen in jeder Richtung unbeschadet ihrer Integrität mit mathematischer Genauigkeit zu bestimmen, verschoben bleiben. Vor der Hand genügt es mir, den Nachweis geliefert zu haben, dass die sogenannten Kugelgelenke in der Regel keine Kugelsegmente darstellen, dass sie vielmehr in der beschriebenen Weise entstandenen Rotationskörpern angehören. Um aber künftig Missverständnissen vorzubeugen, erscheint es geboten, den bisherigen verfänglichen Ausdruck durch einen neuen zu ersetzen. Ich möchte deshalb für diese ganze Gruppe von Gelenkbildungen den Namen der Sphäroidgelenke vorschlagen, eine Bezeichnung, die nicht allein alle falschen Vorstellungen ausschliesst, sondern zugleich von der jetzt gebräuchlichen nicht allzusehr sich entfernt. Das eigentliche Kugelgelenk ist nur ein besonderer Fall des Sphäroidgelenkes.

Gedruckt bei E. Polz in Leipzig.

Messungen der Festigkeit des Schlafes.

Von

Dr. E. Kohlschütter,
Assistenten an der med. Klinik zu Halle a/S.

(Hierzu Tafel VI.)

Gestützt auf das von E. H. Weber aufgestellte Gesetz, dass der Unterschied zweier Reizgrössen als gleich empfunden wird, wenn das Verhältniss beider zu einander oder, was auf dasselbe hinauskommt, das Verhältniss des Unterschiedes zu einer der beiden sich gleich bleibt, ohne Betracht der absoluten Grösse des Unterschiedes, und auf die unmittelbar feststehende Thatsache, dass ein Reiz, um empfunden zu werden, eine gewisse Stärke erreichen müsse, gelangt Fechner in seinen „Elementen der Psychophysik" auf exactem Wege (mathematisch-logischer Verknüpfung der durch fremde und eigene sehr zahlreiche Versuche gefundenen Thatsachen) zu einem Gesetze für die Abhängigkeit der Empfindungsintensität von der Reizgrösse, welches lautet:

$$\gamma = \text{k. log} \frac{\beta}{\text{b}}$$

wo γ die Empfindungsintensität, β die Reizgrösse, b aber den Schwellenwerth des Reizes, d. h. eben diejenige Stärke desselben bezeichnet, die er erreichen muss, um als Empfindung ins Bewusstsein zu treten; k ist die Proportionalconstante und wenn man die Intensität derjenigen Empfindung, welche durch einen Reiz β = b . e (resp. = b. 10 je nach dem Gebrauche natürlicher oder briggischer Logarithmen) ausgelöst wird, als Einheit der Empfindung bezeichnet, so wird k = 1 und man hat somit unmittelbar ein Maass der Empfindung in dem Logarithmus des sie auslösenden Reizes; man misst die Empfindung,

indem man nach Fechner's Ausdruck den Reiz gleichsam als Elle an sie anlegt. Wird $\beta < b$, so wird γ negativ und diesen negativen Werth deutet Fechner als unbewusste Empfindung und indem er das gefundene Gesetz aus dem Gebiete der äussern auf das der innern Psychophysik überträgt und für Empfindung Bewusstsein überhaupt setzt, als Schlaf.

Möglich wird diese Uebertragung durch folgende Betrachtung.

Alle Vorgänge im Geiste sind an Vorgänge im Körper, näher im Centralnervensystem, gebunden, so dass einem bestimmten Vorgange im Reiche des Geistigen eine bestimmte Bewegung im Reiche des Leiblichen entspricht, und umgekehrt. Für diese körperlichen Vorgänge, über deren Natur wir vor der Hand nicht mehr aussagen können, als dass sie zu den Molecularbewegungen gehören müssen und die wir ganz allgemein als psychophysische Thätigkeit bezeichnen, ist das Maass ihre lebendige Kraft im Sinne der Physik. Die innere Psychophysik hat sich nun mit den Gesetzen der Abhängigkeit zwischen diesen körperlichen Vorgängen im Innern unseres Leibes einer- und dem eigentlich geistigen Geschehen andererseits zu beschäftigen; während in das Gebiet der äusseren die Gesetze der Einwirkung äusserer Potenzen, welche hier zu Reizen werden, auf die psychophysische Thätigkeit gehören. Zunächst bleibt die innere Psychophysik ein noch sehr wenig angebautes, bei dem jetzigen Stand unserer Kenntnisse vielleicht vor der Hand unanbaubares Feld: wie man indess doch einige Anhaltspunkte gewinnen kann, um von der äusseren auf die innere Psychophysik überzugehen und wie man von hier aus auf den Gang des Allgemeinbewusstseins überhaupt schliessen kann, möge bei Fechner selbst*) nachgelesen werden. Hier wird vorausgesetzt — und gerade die Betrachtung des uns vorliegenden Phänomens, des Schlafes, führt zu dieser Voraussetzung — dass, wie in jedem einzelnen Sinnesgebiete der Reiz eine bestimmte Stärke erreichen muss, um als Empfindung ins Bewusstsein zu treten, so auch die Intensität, d. i. die lebendige Kraft der vorhandenen psychophysischen Thätigkeit im Ganzen eine bestimmte Schwelle erreichen muss, damit Bewusstsein überhaupt zu Stande komme. Wenn die psychophysische Thätigkeit unter dieser Schwelle bleibt, wird kein Bewusstsein im gewöhnlichen Sinne vorhanden sein; im Sinne des aufgestellten Gesetzes wird das

*) Elemente der Psychophysik II. S. 428.

allerdings vorhandene negativ sein und einen bestimmten Höhenwerth behalten. Das negative Vorzeichen zeigt in der Mathematik überhaupt nur einen Gegensatz an, und hier entsteht derselbe, indem ein Mal die psychophysische und die auf ihr basirende geistige Thätigkeit eine gewisse Intensitätsstufe übersteigt, das andere Mal dieselbe nicht erreicht. Es verhält sich das negative Vorzeichen hier gerade wie bei der Temperatur, wo es ebenfalls nicht ein Fehlen der Wärmeschwingungen anzeigt, sondern nur, dass die Menge derselben einen bestimmten, willkürlich angenommenen Werth nicht erreicht. In beiden Fällen zählt man nicht vom Nullwerthe der zu messenden Thätigkeit aus, sondern bei der Temperatur von einer Wärmemenge, welche nicht mehr hinreicht, das Wasser flüssig zu erhalten, bei der geistigen Thätigkeit von einer Intensität derselben, welche eben nicht mehr hinreicht, das Bewusstsein wach zu erhalten. Diejenige Wärmemenge, bei welcher das Wasser gefriert, setzen wir gleich Null und sprechen von negativer Wärme, von Kälte, wenn die Wärmemenge noch geringer wird, obgleich qualitativ durchaus dieselben Aetherschwingungen die Plus- und die Minustemperatur bedingen: wir setzen diejenige Intensität der geistigen Thätigkeit, bei welcher eben Einschlafen, resp. Erwachen erfolgt, gleich Null und deuten geringere Grade derselben, mit dem negativen Vorzeichen behaftet, als Schlaf, während die höheren, positiven, das Wachen repräsentiren, immer festhaltend, dass qualitativ dieselben Vorgänge dem Schlafe und dem Wachen zu Grunde liegen*).

Denn Schlaf und Wachen sind zwei einander entgegengesetzte Zustände des geistigen Lebens. Dasselbe ist im Schlafe sicher nicht vollständig erloschen, das beweisen die

*) Eine philosophische Begriffsbestimmung des Schlafes kann und soll mit dieser Deutung nicht gegeben sein. Allein wie die Physik ihre Fortschritte seit der Zeit datirt, wo sie aufhörte über Wesen und Begriff der Vorgänge und Kräfte zu speculiren und sich mit der Erkenntniss ihrer Gesetze begnügte, von der Zeit, seit welcher ihre lebendige Kraft nichts ist, als das halbe Product der Masse in das Quadrat der Geschwindigkeit, und Geschwindigkeit nichts als der Raum dividirt durch die Zeit, so wäre es vielleicht für die Physiologie an der Zeit, es auch einmal mit lediglich formalen Begriffen zu versuchen. Gerade in Bezug auf den Schlaf ist so lange vom „Wesen“ und vom „Begriff“ die Rede gewesen, ohne dass dadurch etwas gefördert worden wäre, dass man wohl auf einem andern Wege einmal dem Phänomen näher zu treten versuchen mag. Es ist damit die philosophische Speculation nicht ausgeschlossen, sondern nur auf ein anderes Feld, das der Naturphilosophie im Sinne der neueren Forschung verwiesen, und der exacten Forschung zunächst die Constatirung der Thatsachen, d. i. der Gesetze der Erscheinungen, vindicirt.

Träume und die Möglichkeit, einen Schlafenden durch einen starken localen Reiz zu erwecken, während ein schwacher, der doch in derselben Weise, nur weniger intensiv, einwirkt, ihn nicht erweckt. Wäre das geistige Leben im Schlafe gleich Null (wobei man ihm doch die Fähigkeit, wieder erweckt zu werden, also immerhin eine gewisse Energie, zuschreiben müsste, von der man sich keine recht klare Vorstellung bilden kann), so sieht man nicht recht ein, warum ein geringer Reiz dies Nichts nicht ebensogut zu einem Etwas machen könnte, wie ein starker. Schon die allergewöhnlichste Erfahrung lehrt dagegen, dass der Schlaf von der verschiedensten Tiefe und Festigkeit, die Intensität des geistigen Lebens im Schlafe also nicht immer eine gleiche sein kann. Andererseits weist das nach einer bestimmten Dauer des Schlafes von selbst eintretende Erwachen auf einen continuirlichen Fluss des Seelenlebens und zwar auf einen gesetzmässigen, d. h. von bestimmten Umständen in bestimmter Weisse abhängigen, hin. Der nothwendig entspringenden Forderung für diese continuirlichen Oscillationen des Seelenlebens eine psychophysische Repräsentation zu finden, entspricht nun die aufgestellte Formel, wenn wir die unter bestimmten Verhältnissen aus ihr sich ergebenden negativen Bewusstseinswerthe als Schlaf deuten.

Es ist an sich klar, wie man von dieser Auffassung aus leicht auf das Princip eines Maasses für die Tiefe des Schlafes kommen konnte. Wenn im Schlafe durch ein allgemeines Sinken der psychophysischen Thätigkeit, so dass ein stärkerer Reiz nöthig ist, um sie auf die Schwelle zu heben, das Bewusstsein negativ wird; wenn der absolute Werth dieses negativen Bewusstseins unter verschiedenen Umständen verschieden sein kann, so kam es, um ein Mass für die Festigkeit des Schlafes zu haben, nur darauf an, zuzusehen, um wie viel man die psychophysische und folgends die geistige Thätigkeit zu erhöhen habe, um sie auf den Nullpunkt zu heben; ähnlich wie man ein Maass hat für die Grösse der Schulden, wenn man zusieht, wie viel man positives Vermögen zusetzen muss, um sie auszugleichen; für die Tiefe eines Brunnens, wenn man zusieht, wie viel man Material hineinschütten muss, um ihn der Erdoberfläche gleich zu machen. Um so näher musste diese Untersuchung liegen, als auch zwei wichtige Maassmethoden der Empfindlichkeit, die der eben merklichen Unterschiede und die der Aequivalente*) auf demselben Principe beruhen; zuzusehen, um wie viel man den

*) Vergl. Fechner a. a. O. I, S. 71.

Reiz verstärken müsse, um die entsprechende Empfindung auf eine gewisse Stärke zu heben. Im Falle des Schlafes ist der Punkt, bis auf welchen das Bewusstsein gehoben werden soll, von selbst gegeben; es ist eben diejenige Intensität desselben, bei welcher Erwachen eintritt; nach obiger Auseinandersetzung der Nullpunkt.

Das Maass für die Tiefe des Unbewusstseins, für die Festigkeit des Schlafes also, ist nach dem Vorhergehenden diejenige Intensität der psychophysischen Thätigkeit (gemessen nach ihrer lebendigen Kraft), welche zu der vorhandenen hinzu gethan werden muss, um sie auf den Schwellenwerth und folgends das Bewusstsein auf den Nullpunkt zu heben; ebenso wie man die Höhe des Vollbewusstseins durch diejenige Intensität der psychophysischen Thätigkeit würde messen können, die von der vorhandenen hinweggenommen werden müsste, um sie auf den Schwellenwerth herabzubringen. An Mitteln, die psychophysische Thätigkeit herabzusetzen, besitzen wir das subjective des Willens, die objectiven der möglichsten Abhaltung aller Reize (?) und die Narcotica; an Mitteln sie zu erhöhen alle Arten von Reizen. Direct können wir aber die psychophysiche Thätigkeit nicht messen, wir können nur den Reiz messen, welcher nöthig ist, das Bewusstsein zu erwecken, und es fragt sich, welchem Grade der Erhöhung der psychophysischen Thätigkeit dieser Reiz entspricht. Die von Fechner aufgestellte Formel kann an sich nicht zur Beantwortung dienen, denn sie lehrt nur die Abhängigkeit der Empfindungsintensität von der Reizgrösse kennen, das Mittelglied, das Gesetz der Abhängigkeit der psychophysischen Thätigkeit von der Reizgrösse oder der Empfindungsintensität von der ersteren, fehlt. Denn die Empfindungsintensität γ hängt nicht direct von der Reizgrösse β, sondern von der Intensität der psychophysischen Thätigkeit P und erst diese direct von β ab, und es kann nun sein

$$\gamma = a \,.\, P$$
$$P = \frac{k}{a} \,.\, \log \frac{\beta}{b}$$

oder

$$\gamma = k \,.\, \log \frac{P}{p}$$
$$P : p = \beta : b$$

wo a eine Proportionalconstante, p aber der Schwellenwerth der psychophysischen Thätigkeit ist.

In beiden Fällen bleibt als Schlussresultat*)

$$\gamma = k.\log.\frac{\beta}{b}$$

und doch gestaltet sich die Anschauung des psychophysischen Geschehens in beiden Fällen wesentlich verschieden. Im ersten Falle wird die Empfindungsintensität direct proportional der psychophysischen Thätigkeit, diese im logarithmischen Verhältniss der Reizgrösse gedacht; im zweiten würde die psychophysische Thätigkeit den Reizgrössen direct, die Empfindungsintensität der psychophysischen Thätigkeit im logarithmischen Verhältniss proportional zu setzen sein. Die Gründe, welche von anderer Seite her zu der zweiten Annahme drängen, übergehend**), weise ich hier nur darauf hin, wie im Falle des Schlafes, wenn das erste Verhältniss Statt fände, für den Punkt, wo ein Reiz = 0 hinreicht, d. h. wo spontanes Erwachen eintritt, der zum Erwecken nöthige Zusatz zur psychophysischen Thätigkeit = — ∞ werden würde; und da die vorhandene doch offenbar positiver und von endlicher Grösse sein muss, so würde das Bewusstsein im Moment des Erwachens negativ unendlich werden. Dies ist aber die psychophysische Repräsentation des Todes für das individuelle Bewusstsein. Dagegen wenn die durch einen Reiz erregte Intensität der psychophysischen Thätigkeit diesem direct proportional ist, so wird im Momente des Erwachens der Zusatz zu der vorhandenen, welcher nöthig ist, sie auf die Schwelle zu heben = 0; d. h. sie erreicht dieselbe auch ohne Zusatz, wie es dem spontanen Erwachen entspricht. Diese Betrachtungen zwingen, die erregte psychophysische Thätigkeit dem Reize direct proportional zu setzen, und wenn dieselbe als Maass für die Tiefe des Schlafes dient, so kann der angewandte Reiz direct dafür substituirt werden.

Bei der Frage nach derjenigen Reizqualität, welche angewendet werden sollte, boten sich von selbst die Schallreize als die passendsten dar, die ja schon im gewöhnlichen Leben die mannigfachste Verwendung zu gleichem Zwecke finden. Mittelst des von Fechner construirten Schallpendels***)

*) Für eine strenge Betrachtung müsste in unserem Falle die psychophysische Thätigkeit als aus zwei Summanden zusammengesetzt behandelt werden: der schon vorhandenen und der durch den Weckreiz ausgelösten. Der Triftigkeit der Schlüsse thut die Vereinfachung der Betrachtung, die ich mir erlaubt habe, keinen Eintrag.

**) Vergl. Fechner a. a. O. II. S. 428.

***) Ein Pendelhammer, den man aus verschiedenen, an einem Gradbogen abzulesenden Elevationen kann herabfallen lassen, erregt den Schall durch sein Anschlagen gegen eine dicke Schieferplatte. Die Schallintensitäten verhalten sich, wenn ϱ der Elevationswinkel ist für r = 1, wie

konnten verschiedene genau messbare Schallintensitäten erzeugt werden und man brauchte nur zu probiren, welche Schallintensitäten unter verschiedenen Umständen nöthig waren, den Schläfer zu wecken, um die Tiefe des Schlafes unter diesen Umständen zu kennen. Es würde allerdings von hohem Interesse sein, verschiedene Reizqualitäten anzuwenden. Denn es liegt hier ein Mittel vor, die Einwirkung desselben auf die psychophysische Thätigkeit einer quantitativen Vergleichung zu unterwerfen, indem zwei Reize verschiedener Qualität, welche unter gleichen Umständen angebracht, einen und denselben Schläfer erweckten, gleichwerthig für die psychophysische Thätigkeit, als psychophysische Aequivalente anzusehen wären. Und um so wichtiger würde die Bestimmung derselben werden, als man auch von anderer Seite her bei Betrachtung der Interferenzen von Wärme- und Druckempfindungen*) auf sie geführt wird. Am Ehesten dürften Wärme, Druck, vor Allem aber Elasticität zu verwenden sein. Der Mangel geeigneter Instrumente musste mich vor der Hand davon abstehen lassen, auf diesem Gebiete weiter vorzudringen als bis zur Constatirung der ohnehin feststehenden Thatsachen, es sei möglich, Jemanden durch den Schlag einer Leydener Flasche, durch Application heisser Metallplatten auf die Haut, durch starken Druck zu wecken, so gut wie durch jeden specifischen Sinnenreiz. Selbst Gerüche können verwendet werden: mir haben in dieser Hinsicht Experimente mit Aether, Ammoniak, Benzin und Asa foetida positive Resultate gegeben. So wirkt auch ein Tropfen einer Lösung von schwefelsaurem Cinchonin, erwärmt und mit einem feinen Pinsel auf die Lippen des Schlafenden gebracht, nach einiger Zeit, wenn er durch Diffusion zum Geschmacksorgan geleitet ist, schlafvertreibend. Dass Licht, besonders plötzlich einfallendes, dass Reizungen des Gemeingefühls, dass selbst Träume erweckend wirken können, bedarf kaum der Erwähnung. Zur Messung ist dies Alles nicht brauchbar: doch muss man es im Auge behalten, um etwaige Fehler, die neben der Einwirkung anderer Reize ausser der gemessenen Schallintensität hervorgehen können, zu vermeiden und auszuschliessen.

Die Versuche selbst wurden in der Weise angestellt, dass das Schallpendel auf einem Tisch neben dem Schlafenden fest aufgestellt wurde; ich blieb mit der Lampe, deren Licht direct

---

$1 - \cos \varrho = 2 \sin^2 {}^1\!/_2\, \varrho$. Die Herleitung dieses Satzes s. bei Fechner a. a. O. S. 179. Beim gebrauchten Instrument ist r die Länge des Pendels = 52,5 cm.

*) s. E. H. Weber, Tastsinn und Gemeingefühl S. 512.

auf das Gesicht der Schlafenden zu fallen gehindert war, daneben. In gewissen Epochen liess ich den möglichst geräuschlos gehobenen Pendelhammer aus einer Höhe herabfallen, von der ich annahm, dass sie noch nicht ausreichen werde, den Schläfer zu wecken, und fuhr nun so mit immer höheren Erhebungen, jede einzelne in Pausen von 1″ sechsmal wiederholend, fort, bis ich ein Zeichen des Erwachens am Schläfer bemerkte. Nun wurde die Entfernung des am Nächsten liegenden freien Ohres von dem Punkte der Schieferplatte, wo der Hammer aufschlägt, gemessen und der Versuch alle halben, ganzen Stunden, je nachdem, wiederholt.

Es sind hierbei noch einige Punkte genauer zu erörtern.

Dass man mit dem Lichte, so lange man Versuche anzustellen denkt, beim Bette sitzen bleibe, ist unumgänglich nöthig. Denn plötzlich einfallendes Licht kann ja selbst zur Erweckung eines Schlafenden dienen: wird also jedenfalls, auch wenn es nicht zum Erwachen kommt, eine Aenderung in der Tiefe des Schlafes bewirken. Eine gleichmässige Erhellung des Schlafraums durch die ganze Dauer der Versuche kann dagegen zwar die absoluten Werthe etwas herabsetzen, den Gang der Vertiefung resp. Verflachung des Schlafes aber, auf den Alles ankommt, keinesfalls alteriren. Es ist aber wichtig, den Schläfer immer im Auge zu behalten; es kommt darauf an, Zeitpunkte zum Versuche auszuwählen, wo der Schlaf möglichst ungestört ist, oder aber gerade den Einfluss einer Störung zu prüfen. Die Störungen hat man aber gar nicht in seiner Gewalt und ihr Vorhandensein lässt sich nur durch eine ununterbrochene Beobachtung des Schläfers constatiren.

Ich weiss sehr wohl, dass auch die häufige Wiederholung der Schläge von Einfluss auf die Tiefe des Schlafes sein muss. Gleichwohl sah ich kein anderes Mittel, die Grenze festzustellen, bei der das Erwachen erfolgt. In verschiedenen Nächten zu derselben Epoche des Schlafes von oben herein zu probiren, bei welchen Schallintensitäten Erwachen erfolgt, bei welchen nicht, war deshalb unstatthaft, weil die absolute Tiefe des Schlafes in verschiedenen Nächten allgemein variirt; eine Schallintensität also, die in der einen Nacht genügte, noch nicht von vornherein auch in der nächsten für genügend angesehen werden konnte. Abgesehen von einer besonderen Combination der Versuche, wovon weiter unten, habe ich die aus der Wiederholung der Schläge entspringenden Fehler möglichst genau dadurch zu beseitigen gesucht, dass ich zwischen den einzelnen Schlägen kleine Pausen eintreten liess, wobei ich wenigstens sicher war, kein Zeichen

des beginnenden Erwachens zu übersehen. Es ist nicht ganz leicht, den Zeitpunkt des Erwachens anzugeben, ebenso wie den des Einschlafens, und oft lassen sich dieselben nur annäherungsweise und durch Einschliessung in mehr oder minder enge Grenzen mit einiger Genauigkeit feststellen. Es ist wohl denkbar und für manche Fälle gewiss, dass das Einschlafen sowohl als das Erwachen mit grösserer oder geringerer Geschwindigkeit erfolgen kann, indem nämlich das Bewusstsein nicht in allen Sinnesgebieten zu gleicher Zeit zu erlöschen braucht und eine längere Zeit vergehen kann, ehe das Unbewusstsein über alle Gebiete des geistigen Lebens gleichmässig hereinbricht, In älteren Abhandlungen findet man sehr weitläufige und spitzfindige Erörterungen über die Reihenfolge, in der das Einschlafen der einzelnen Sinne und geistigen Fähigkeiten erfolgt, die bei aller Unbeholfenheit der Betrachtung auf ganz richtiger und feiner Beobachtung beruhen. Der Gehörsinn scheint am längsten uns bewusste Wahrnehmungen zuzuführen; am ersten entschwindet wohl der active Wille, d. h. die Fähigkeit intendirte Bewegungen auszuführen. Dieselbe Reihenfolge nur in umgekehrter Ordnung stellt sich heraus, wenn man die Phänomene des Erwachens genau verfolgt; indem zuerst der Gehörsinn wieder zum Bewusstsein erwacht, zuletzt die bewusste Ausführung gewollter Bewegungen möglich wird.

Sehr charakteristisch für den Schlaf und daher für Bestimmung der Zeit des Einschlafens und des Erwachens gleich wichtig ist der Typus des Athmens. Es ist bekannt, wie schwer es fällt, bei Untersuchungen über Tiefe und Frequenz der Athmenzüge an Solchen, die wissen, worum es sich handelt, richtige Resultate zu erlangen, weil die auf das Athmen gerichtete Aufmerksamkeit regelmässig seinen Typus verändert; oft um so mehr, je mehr man sich bemüht, unbefangen zu bleiben. Und so ist denn auch das Athmen des Unbefangensten aller Menschen, des Schlafenden, wesentlich verschieden von dem des Wachenden. Die Athemzüge werden seltener, tiefer, regelmässiger; die Exspiration, etwas kürzer als die Inspiration, folgt derselben unmittelbar, dann eine Pause, ziemlich eben so lang als Inspiration und Exspiration zusammengenommen, die im Wachen sich nicht findet. Bei gesunder Nasenhöhle ist die Inspiration (vorausgesetzt, dass man keinen Schnarcher vor sich hat) ganz geräuschlos, die Exspiration deutlich hörbar; im Wachen findet das Umgekehrte Statt.

Ferner ist auf die Bewegungen des Schlafenden zu achten. Bei einiger Uebung lernt man leicht die eigentlichen Schlafbewegungen von denen unterscheiden, die das Erwachen an-

kündigen. Die Schlafbewegungen sind plumper, ungeschickter, zweckloser — ein tief Schlafender nur entblösst sich, im Erwachen zieht er die Decke wieder zusammen; ein tief Schlafender bleibt oft lange in den unbequemsten Lagen und Stellungen, im Halbschlaf sucht er wiederholt bequemere zu gewinnen. Eigenthümlich sind die offenbar von dem weckenden Schallreize ausgelösten Reflexbewegungen. Es ist mir vorgekommen, dass bei jedem der in abgemessenen Pausen erfolgenden Schläge ein leichtes Zucken, wie ein Lächeln die Lippen des Schlafenden umspielte oder ein Finger regelmässig sich krümmte und doch die Schläge gleicher und höherer Intensität lange fortgesetzt, kein Erwachen bewirkten. Solcherlei Bewegungen schienen am Leichtesten durch taktmässige Schläge ausgelöst zu werden.

Als eigentliches Kriterium des Erwachens habe ich aber nur die Laute, welche vorhergegangener Verabredung gemäss der Geweckte ausstiess, betrachtet. Die vorhergängige Unterrichtung der dem Schlafe zu Unterwerfenden von der Art und Weise der anzustellenden Versuche und ein fester Vorsatz seinerseits, auch wirklich beim Erwachen das Zeichen zu geben, ist dabei zum Gelingen der Versuche unbedingt nothwendig. Häufig genug findet man die Fälle, wo der Geweckte zwar vollständig bei Bewusstsein ist, sich auch am Morgen genau des Wachseins erinnert (was im Allgemeinen nicht der Fall ist); sich aber doch nicht entschliessen kann, ein Zeichen seines Wachseins von sich zu geben; ähnlich wie man häufig Individuen hat, die, vollständig wach, bei Besinnung und von Geschäften gedrängt, doch sich nicht entschliessen können, das Bett zu verlassen. Ich finde in meinem Beobachtungsjournale folgende unter dem frischen Eindruck eines auf meine Anordnung an mir selbst angestellten Weckversuchs niedergeschriebene Stelle:

„Ich war mir bewusst, dass ich selbst M. gebeten hatte, mich zu wecken, hörte auch deutlich seine Stimme; dennoch war es mir so unerträglich, geweckt zu werden, dass ich im vollen Ernst zornig war über die Erfüllung meiner Bitte. In einem gewissen Trotzgefühle gegen M. blieb ich liegen wie schlafend.“ Das unangenehme Gefühl, das einen plötzlich Geweckten jedesmal beschleicht, um so stärker, je tiefer sein Schlaf war, macht sich oft in ziemlich harten Worten gegen den unzeitigen Störer Luft und man kann mit ziemlicher Sicherheit aus der mehr oder minder unfreundlichen Begegnung Eines, den man vollständig zu ermuntern sucht, auf die Tiefe und folgends auf die Dauer seines Schlafes einen Schluss

machen. Deshalb ist es nöthig, zu den Versuchen frische energische Individuen auszusuchen, die sich, wie man zu sagen pflegt, rasch aus dem Schlafe finden können, d. h. die Willenskraft genug besitzen, sogleich mit erwachendem Bewusstsein in Thätigkeit zu treten. Dass dazu ein fester, im Wachen gefasster Vorsatz von Nutzen ist, zeigt schon die Erfahrung des gewöhnlichen Lebens und die Möglichkeit, zu bestimmter Stunde zu erwachen, wenn man es sich fest vorgenommen; ebenso wie man, um Träume zu beobachten, schon im Wachen die Aufmerksamkeit auf sie richten und auch im Schlafe fortwährend gespannt sein muss, sie dem Gedächtniss einzuprägen*). So äusserten sich auch alle dem Versuche Unterworfenen dahin, sie hätten auch im Schlafe das Gefühl der Erwartung nicht los werden können und deutlich die Anspannung der Aufmerksamkeit auf das zu gebende Zeichen des Erwachens bemerkt. Einer derselben z. B. sagt wörtlich:

„In den ersten Nächten schlief ich mit einiger Spannung und Unruhe ein, die jedenfalls auch ein früheres Erwachen zur Folge hatte. Beim Hören des Schlages (ich wusste jedoch nie, ob es der erste war, oder ob ihm andere vorangegangen) kam mir sofort die Sache ins Bewusstsein; ich antwortete mit vollem Bewusstsein und nahm mir vor, wieder einzuschlafen.

Anders gestaltete sich die Sache im späteren Verlauf**). Die Spannung und Unruhe verlor sich und auch die Art des Erwachens wurde eine andere. Dunkel hörte ich schon mehrere Schläge mit einem gewissen Schmerzgefühl, sie beängstigten mich wie ein Eindruck, dessen man sich wider Willen nicht erwehren kann, und ich musste mich erst ermannen, aus diesem Zustand herauszukommen und zu antworten. Auch war das jedesmalige Wiedereinschlafen absichtsloser und geschah ohne Concurrenz des Willens.

Am Morgen hatte ich keine Totalerinnerung an die einzelnen Versuche; nur derer erinnerte ich mich, wo ich sehr viele Schläge dunkel gehört hatte oder besonders wach geworden war. Im Allgemeinen hatte ich Morgens das Gefühl, als ob ich stets zu spät antworte, dies aber durch lebhafteren Vorsatz am Abend vorher vermeiden könne."

Diese Worte schildern sehr gut die Vorgänge in dem Geweckten, die man wohl mit dem Namen der unwillkürlichen

---

*) S. Scherner, das Leben des Traumes S. 133.

**) Jedenfalls, weil bei fortwährender Gewöhnung an die Versuche mit der Neuheit sich auch das spannende Interesse verlor und der Betreffende anstatt auf die Aufmerksamkeit auf seine Uebung sich glaubte verlassen zu können.

Simulation*) belegen kann. Es ist demnach begreiflich, warum meist erst auf den 2.—4. Schlag von gleicher an sich zureichender Intensität eine Reaction erfolgte, so dass jede Schallintensität mindestens sechsmal gegeben werden musste, ehe zur nächst höheren fortgeschritten werden konnte, wollte man anders sicher sein, dass die niedere nicht schon den Schläfer zum Bewusstsein gebracht hatte. Wollte man weniger Schläge von einer und derselben Intensität geben und rasch zur folgenden übergehen, so würde der Geweckte oft genug Schläge verschiedener Intensität dunkel hören, und erst bei einer viel höheren, als bei der er wirklich erwacht war, das Zeichen dafür geben. Die Wiederholung der Schläge ist also nöthig, gleichsam um dem Willen Zeit zu geben sich im Gefolge des Bewusstseins zu ermuntern, ehe dasselbe bei dem stetigen Flusse des Seelenlebens wieder verschwindet. Eine Summirung der in der Zeit getrennten, für sich unzureichenden Eindrücke zu einem stärkeren findet hierbei nicht Statt. Denn dass ein noch so häufiges und noch so rasches Wiederholen einer an sich zu geringen Intensität nicht Erwachen bewirken kann, davon habe ich mich durch specielle Versuche überzeugt. Man kann eine solche fünfzig- bis hundertmal in rascherem oder langsamerem Rythmus einwirken lassen, ohne dass Erwachen erfolgt. Selbst ganz nahe an der Grenze vermag die öftere Wiederholung nicht die absolute Insuffizienz auszugleichen.

Diese Thatsachen, zusammengehalten mit den schon erwähnten der Stufenfolge des Erwachens und Einschlafens, sowie einigen Factis des Traumlebens, drängen zu der Annahme, dass die einzelnen Fähigkeiten des Geistes, das erkennende und das wollende Bewusstsein, wenn ich mich so ausdrücken darf, sich auf grössere Intensität der unterliegenden psychophysischen Thätigkeit, nicht im Einzelnen, sondern auf grössere, räumliche oder zeitliche Ausbreitung der psychophysischen Bewegung und also somit allerdings auf eine im Ganzen grössere Summe geleisteter Arbeit reduciren. Man mag sich die psychophysischen Vorgänge beim Erwachen wohl unter dem Bilde erregter Wellenbewegung vorstellen. Wie man hier durch Erregung einer immer gleich starken Welle in abge-

---

*) Die wahre, d. h. bewusste Simulation, welche auch vorkommt, ist leicht zu entdecken, indem man mit einer Federfahne, einem Pinsel, einem Haare den Verdächtigen leicht kitzelt. Ein Schlafender fährt ungeschickt mit der Hand nach der juckenden Stelle und sucht sich zu kratzen, ein wachender Simulant erträgt den Kitzel lange, ehe er sich rührt, und macht dann gewiss keine so zweckmässige Bewegung wie der Schlafende, aus Furcht sich zu verrathen.

messenen Pausen den einzelnen Wellenberg nicht höher machen kann, doch aber die Summe der entstandenen Bewegung, die geleistete Arbeit eine grössere wird, als bei nur einmaliger Bewegung, so wird in unserem Falle durch die Wiederholung der Schläge das Bewusstsein (als welches eben von der Höhe der einzelnen Schläge abhängt) nicht höher gehoben, doch aber die Möglichkeit einer grösseren Arbeitsleistung in Summa durch, sei es räumlich sei es zeitlich, grössere Ausbreitung der Bewegung gegeben.

Es ist übrigens nicht erforderlich, den Schläfer jedesmal bis zum vollen Bewusstsein zu bringen und es geschieht auch bei der angegebenen Versuchsweise nicht nothwendig, wie schon daraus hervorgeht, dass der Geweckte am Morgen in den wenigsten Fällen sich der angestellten Versuche erinnert. Wenn nur jedesmal ein gleich hoher Werth des Bewusstseins erreicht wird, bleiben die Versuche unter sich vergleichbar, mag nun der Schläfer ganz erwachen oder nicht. Und indem ich die Grenzen der Intensität, wo noch kein Erwachen stattfand, und derjenigen, wo das verabredete Zeichen erfolgte, möglichst eng zog, habe ich als vergleichbaren Werth, d. h. als den Werth, welcher das Bewusstsein auf gleiche Höhen gehoben hätte, den Mittelwerth aus diesen beiden Intensitäten angesehen. Die Berechtigung dazu ist nicht von vornherein gegeben; sie ergibt sich aber mit Evidenz aus den Resultaten, wie man im Folgenden finden wird. Wo es deutlich war, dass der eine oder der andere der beiden Werthe der Wahrheit näher lag, wurde er nach dem Princip der Methode der kleinsten Quadrate mit einem Gewicht versehen in Rechnung gezogen, wodurch es zugleich möglich wurde, die Ungleichheiten bei Bestimmung des Zeitpunktes des Erwachens in etwas zu compensiren. Der unteren Grenze wurde das Gewicht 2 gegeben, wenn sie eine Aenderung im Typus des Athmens, sonst aber kein Zeichen des Erwachens bewirkt hatte, ebenso wenn sogleich auf den ersten Schlag von nächsthöherer Intensität die Antwort erfolgte; das Gewicht 3, wenn ausser der Aenderung des Athmens noch irgend welche Bewegung bei ihr oder wenn beim ersten Schlage der nächsthöheren Intensität sogleich vollständiges Erwachen erfolgte; das Gewicht 4, wenn zwei Umstände zusammentrafen, deren jeder einzeln ihr ein Gewicht beilegte. Die obere Grenze erhielt das Gewicht 2, wenn die Antwort später als auf den dritten Schlag gegeben wurde; das Gewicht 3 oder 4, wenn der dritte bis fünfte Schlag zwar unsichere Zeichen des Erwachens hervorrief, die Antwort aber erst nach weiteren Schlägen

derselben Intensität oder besonders mürrisch, lang gedehnt und offenbar widerwillig gegeben wurde. Eine gewisse Willkür herrscht immer in der Bestimmung der Gewichte; sie kann aber bei der geringen Schärfe der objectiven Versuchsdaten nicht entbehrt und nach den Eigenthümlichkeiten des ganzen Versuchsfeldes durch Vervielfältigung der Beobachtungen begreiflich nicht ersetzt werden. Man hat nur darauf zu sehen, dass man dabei durch die ganze Versuchsreihe gleichmässig und unparteiisch verfahre und sich frei halte von dem Einfluss etwa gebildeter theoretischer Vorstellungen.

Die Bestimmung der Entfernung vom Ohre zur Schieferplatte, die zur Berechnung der Schallintensitäten und zur Reduction derselben auf einerlei Entfernung nöthig wird, ist bei der Vorsicht, mit welcher die Berührung des Schläfers vermieden werden muss, immer mit einigen Schwierigkeiten verknüpft. Indess kann der Fehler dabei nie mehr als 0″5 betragen. Eine Reduction aber auf einerlei Entfernung ist nöthig, da die Intensitäten beim Schwanken der Entfernung von 24″ auf 38″, wie es vorkommt, bei derselben Intensität bis über das Doppelte variiren können. Und obgleich das Gesetz von der Abhängigkeit der Schallintensitäten von dem Quadrate der Entfernung streng genommen nur für den idealen Fall gilt, dass die Schallwellen von einem Punkte aus im freien Raume sich mit kugelförmiger Oberfläche verbreiten und, worauf **Fechner** mich aufmerksam machte, in eingeschlossenen Räumen empirisch dasselbe seine Gültigkeit verliert: so treffen doch in unserem Falle die von einem Punkte, dem Ausschlagspunkte des Pendelhammers, ausgehenden Schallwellen das Ohr des Schläfers, ehe sie mit den von den Zimmerwänden reflectirten interferiren können, und in Uebereinstimmung damit ergibt der directe Versuch bei so kleinen Entfernungen, wie sie hier vorkommen, keine merkliche Abweichung von dem angeführten Gesetze. Als Einheit der Entfernung ist der Leipziger Fuss = 31,^{cm}3 angenommeu und unter Reduction auf diese Entfernung wird die Formel für diese Bezeichnung der Schallintensitäten

$$I = \frac{288. \sin^2 {}^1/_2 \varrho}{e^2}$$

wo I die Schallintensität, ϱ der Elevationswinkel, e die Entfernung des am Nächsten liegenden freien Ohres vom Anschlagspunkt des Pendelhammers, in Zollen gemessen, bedeutet. Die Ableitung der Formel ist an sich klar, wenn man sich erinnert, dass r, die Pendellänge, = 1 gesetzt werden sollte. Die Einheit der Schallintensität ist darnach die Intensität eines

Schalles, wie er durch das Herabfallen des beschriebenen Pendelhammers von $52^{cm},5$ Länge auf die Schieferplatte aus einer Elevation von 90^0 erzeugt wird, in einer Entfernung von 12″ von dem Anschlagspunkte des Hammers. Es ist vielleicht nicht überflüssig, zu bemerken, dass die Angabe der Intensitätswerthe in vierstelligen Decimalen lediglich aus der Wahl dieser Einheiten hervorgeht, nicht aus der lächerlichen Anmassung in physiologischen Versuchen die Genauigkeit astronomischer Messungen erreichen zu wollen.

Ich setze zunächst acht Reihen roher Beobachtungen hierher, wie ich sie in acht auf einander folgenden Nächten im späteren Verlauf meiner Versuche an einem und demselben Individuum erhalten habe. Dabei erscheint es zweckmässig, die Fälle, wo das rechte Ohr dem Instrumente zunächst lag, von denen zu sondern, wo dies mit dem linken der Fall war. Eine Reduction auf eine Schallstärke, wie sie ein und dasselbe Ohr dem empfindenden Apparate zugeführt haben würde, ist deshalb zu gewagt, weil nicht a priori angenommen werden kann, das dem Instrumente zunächst liegende Ohr habe auch wirklich den weckenden Schallreiz percipirt; im Gegentheil ist wohl denkbar, dass z. B. bei näher liegenden linkem Ohr, wenn es eines stärkeren Schalles bedurfte als im entgegengesetzten Falle, doch das rechte denselben dem Bewusstsein zuführte, das linke, weniger empfindlich, ihn nicht wahrnahm. Wenn man aber nur die Fälle, wo der Schläfer eine gleiche Lage gegen das Instrument einnahm, unter einander vergleicht, so hat man jeden Falls gleiche Umstände, und da sowohl für das rechte als für das linke Ohr ausreichende Beobachtungen vorhanden sind, so hindert nichts, die Betrachtung auf je einen Fall zu beschränken. Die Bestimmung des Verhältnisses der Hörfeinheit beider Ohren wurde, falls doch eine, immerhin unsichere Vergleichung der beiderseitigen Beobachtungen wünschenswerth wäre, nach drei Methoden vorgenommen. Erstens wurde das Schallpendel so lange hinter dem Rücken des zu Prüfenden nach rechts oder links verschoben, bis derselbe die durch gleiche Elevationen erzeugten Schallintensitäten mit beiden Ohren als gleich empfand — die Empfindlichkeiten beider Ohren verhalten sich umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen; 2) wurde untersucht, welche verschiedenen Intensitäten bei gleicher Entfernung beider Ohren mit einem oder dem anderen Ohre aufgefasst, für gleich gehalten wurden — die Empfindlichkeiten verhalten sich direct wie die für gleich gehaltenen Schallintensitäten und endlich 3) wurde das Schallpendel so lange hinter dem Rücken des

zu Prüfenden nach rechts oder links verschoben, bis er, beide Ohren gebrauchend, den in beliebiger Intensität erzeugten Schall als gerade von hinten kommend empfand — die Empfindlichkeiten verhalten sich umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen. Die letzte Methode bietet den Vortheil, dass man an keine bestimmte Elevation gebunden ist und der Geprüfte beide Ohren zugleich gebrauchen kann: sie beruht darauf, dass man die Richtung, aus der ein Schall kommt, nach der grösseren oder geringeren Stärke beurtheilt, mit der er in dem einen oder andern Ohre empfunden wird. Im vorliegenden Fall ergaben zahlreiche Versuche im Mittel unter befriedigender Uebereinstimmung der nach verschiedenen Methoden gewonnenen Resultate, dass das rechte Ohr etwa doppelt so fein hörte, als das linke; d. h. dass eine doppelt so starke Schallintensität mit dem linken der einfachen mit dem rechten Ohre aufgefassten gleich erschien.

Aus nahe liegenden zum Theil schon erörterten Gründen konnte nur sehr selten eine Vollständigkeit in den Versuchsreihen erzielt werden und musste ich mich begnügen, in Bezug hierauf, wie in Bezug auf die Epochen der Versuche, die auch nicht vollständig in die Hand des Experimentators gelegt sind, die möglichste Annäherung an das Ideal einer genauen Beobachtungsreihe zu erreichen.

Die untere Grenze ist diejenige Intensität, bei welcher noch kein Erwachen Statt fand, die obere die, wo die verabredete Antwort gegeben wurde. Dass beide Werthe nicht immer in gleichem Verhältniss zu einander stehen, folgt daraus, dass nach der Anordnung der Versuche nicht von einem Intensitätswerthe zum höheren, sondern von einer Elevation zur andern fortgeschritten werden musste; mit anderen Worten, dass die obere Grenze nicht mit $\frac{288.\ \sin^{2}{}^{1}/_{2}\varrho}{e^2}$ sondern mit $\frac{288.\ \sin^{2}{}^{1}/_{2}(\varrho + 5^0)}{e^2}$ proportional geht; — ein Umstand, der sich mit dem mir zu Gebote stehenden Instrumente nicht gut ohne Verletzung wichtigerer Rücksichten vermeiden liess, auch auf die Discussion der Resultate einen störenden Einfluss nicht ausübt.

Das linke Ohr lag dem Instrumente am Nächsten.

Dauer des Schlafes.	Untere Grenze.								Obere Grenze.							
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
0,5	0,0400	0,0610							0,0611	0,0931						
1,0	0,0000	0,0157		0,1299				0,1712	0,0400	0,0244		0,1464				∞
1,5	0,0000	0,0088	—	0,0185	—		0,0207	0,1712	0,0096	0,0157	—	0,0264			0,0280	∞
2,0	—	0,0308	0,0122	0,0000			0,0000	0,0099	—	0,0416	0,0217	0,0028			0,0006	0,0387
2,5	—	0,0033	0,0039	—				0,0000	—	0,0133	0,0089	—				0,0024
3,0	—	0,0008	0,0000	—	—	—	—	0,0000	—	0,0035	0,0036	—	—	—	—	0,0006
3,5	—	0,0008			0,0005			—	—	0,0028			0,0002			—
3,75	0,0021								0,0035							
4,0	—		0,0008		0,9000	—	—	0,0480	—		0,0035		0,0005	—	—	0,0733
4,33..		—		—						—		—				
4,5			0,0000		—			0,0056			0,0068		—			0,0099
5,0			0,0000	—	—	—	0,0005	—			0,0002	—	—	—	0,0023	—
5,33..		0,0000				—				0,0008				—		
5,5			0,0038		0,0001.9	—					0,0060		0,0005	—		
5,75						0,0006								0,0026		
6,0			0,0002		0,0002	0,0085	0,0000				0,0006		0,0007	0,0150	0,0006	
6,16..		0,0165		—						0,1234		—				
6,25							—								—	
6,5			0,0000		—						0,0007		—			
7,0		0,0192		—	—					0,0274		—	—			
7,5		0,0000			0,0005					0,0001			0,0022			
8,0.		0,0004			0,0000					0,0006			0,0000.3			

Das rechte Ohr lag dem Instrumente zunächst.

Dauer des Schlafes in Stunden.	Untere Grenze.								Obere Grenze.							
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
0,5	—	—							—	—						
1,0	—	—		—				—	—	—		—				—
1,5	—	—	0,0030	—				—	—	—	0,0067	—			—	—
2,0	0,0000	—	—	—				—	0,0022	—	—	—			—	—
2,5	0,0000	—	—	0,0002				—	0,0015	—	—	0,0005				—
3,0	0,0015	—	—	0,0003	0,0468	0,0006	0,0035	—	0,0034	—	—	0,0005	0,0535	0,0024	0,0078	—
3,5	0,0000	—			—			—	0,0004	—			—			—
3,75	—								—							
4,0	0,0003		—		—	0,0000	0,0188	—	0,0008		—		—	0,0005	0,0254	—
4,33..		0,0008		0,0009						0,0032		0,0036				
4,5			—		0,0000			—			—		0,0005			
5,0			—	0,0005	0,0000	0,0120	–	0,0113			—	0,0008	0,0002	0,0162	—	0,0162
5,33..		—				0,0054				—				0,0120		
5,5			—		—	0,0164					—		—	0,0364		
5,75						—								—		
6,0			—		—	—	—				—		—	—	—	
6,16..		—		0,0000						—		0,0007				
6,25							0,0000								0,0004	
6,5			—		0,0020						—		0,0045			
7,0		—		0,0000	0,0000					—		0,0003	0,0002			
7,5		—			—					—			—			
8,0		—			—					—			—			

Die Unendlichkeitszeichen bedeuten, dass eine Antwort selbst durch die höchsten Schallintensitäten nicht erzielt werden konnte; die Striche in den einzelnen Fächern, dass der entsprechende Versuch bei zunächst liegendem rechtem resp. linkem Ohre angestellt werden, also in der zweiten Tabelle seinen Platz finden musste, und das 0,0000 in den einzelnen Columnen nicht den Eintritt des spontanen Erwachens, sondern dass erst in der 5. resp. 6. Decimalstelle die Ziffer erscheinen würde, deren genaue Angabe auf unnütze Spitzfindigkeit hinausgelaufen wäre.

Es lässt sich schon an diesen Reihen deutlich erkennen: 1) dass eine Verschiedenheit in den zum Erwecken nöthigen Schallintensitäten vorkommt je nach der Epoche, in welcher der Versuch angestellt wurde; derart, dass oft die obere Grenze in einer späteren Epoche niedriger ist als die untere in einer früheren; 2) dass im Allgemeinen ein gleichmässiger und übereinstimmender Gang der obern Grenzwerthe einer-, der untern andererseits sich findet; 3) dass in dem Gange sowohl der Ober- als der Untergrenzen zwischen den einzelnen Versuchsreihen eine hinlängliche Uebereinstimmung Statt hat. Diese Bemerkungen stellen die Möglichkeit und Berechtigung der angestellten Versuche ausser Zweifel (dass in ihnen ein Maass gegeben sei, ist hierdurch noch nicht entschieden und muss dieserhalb auf die Vorbemerkungen verwiesen werden) und zugleich erlauben sie, die Betrachtung zu vereinfachen durch Beschränkung derselben auf die aus den entsprechenden Ober- und Untergrenzen zu nehmenden Mittel, wobei durch Berücksichtigung der Gewichte der directen Beobachtung Rechnung zu tragen ist. Diese Mittelwerthe werden als diejenigen Schallintensitäten angesehen, welche in den verschiedenen Epochen eben hingereicht haben würden, den Schläfer zu erwecken. Ihnen also wird, früher besprochenen Sätzen gemäss, die Tiefe des Schlafes direct proportional gesetzt. Sie sind in der folgenden Tabelle enthalten.

Dem Instrumente lag zunächst

Dauer des Schlafes in Stund.	das linke Ohr. I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	das rechte Ohr. I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
0,5	0,0506	0,0717								—						
1,0	0,0200	0,0186		0,1381					—	—		—				—
1,5	0,0048	0,0111	—	0,0244			0,0262	∞	—	—	0,0048	—			—	—
2,0	—	0,0344	0,0169	0,0021			0,0003.5	∞	—	—	—	—			—	—
2,5	—	0,0066	0 0056	—				0,0195	0,0011	—	—	0,0003				—
3,0	—	0,0021	0,0018	—	—	—	—	0,0018	0,0007	—	—	0,0004	0,0490	0,0015	0,0056	—
3,5	—	0,0020			0,0016			0,0002	0,0028	—			—			—
3,75	0,0028							—	0,0002							
4,0	—		0,0017		0,0003	—	—		—		—		—	0,0003	0,0210	—
4,33..		—		—				0,0649	0,0005	0,0016		0,0018				
4,5			0,0004		—						—		0,0003			—
5,0			0,0000.7	—	—	—	0,0011	0,0070			—	0,0006	0,0001	0,0141	—	0,0146
5,33..		0,0003				—		—		—				0,0087		
5,5			0,0046		0,0003	—					—		—	0,0214		
5,75					0,0004.5	0,0019								—		
6,0			0,0004			0,0101	0,0004				—		—	—	—	
6,16..		0,0432		—						—		0,0002				
6,25							—								0,0003	
6,5			0,0002		—						—		0,0028			
7,0		0,0233		—	—					—		0,0001	0,0000.7			
7,5		0,0000.3			0,0016					—			—			
8,0		0,0004			0,0000					—			—			

Werfen wir einen vergleichenden Blick auf die Zahlenreihen dieser und der vorigen Tabellen, so finden wir wieder in dem Gange der Mittelwerthe eine beachtenswerthe Uebereinstimmung sowohl der verschiedenen Reihen unter einander, als auch jeder Reihe mit den entsprechenden Reihen ihrer Ober- und Untergrenzen und hierin die Bürgschaft ihrer Berechtigung.

Wenn wir allerdings die für dieselbe Epoche in verschiedenen Nächten gefundene Tiefe des Schlafes auf ihren absoluten Werth vergleichen, so ergeben sich gar bedeutende Unterschiede und man könnte hieraus einen Einwand gegen eine Maassmethode überhaupt hernehmen wollen, welche so wenig constante Resultate liefert. Die vorliegenden sind noch dazu an einem und demselben Individuum in auf einander folgenden Nächten gewonnen und zu einer Zeit, wo demselben bei sehr gleichförmiger Lebensweise wenig Veranlassungen zu Störungen sich darboten. Allein die absoluten Werthe sind es auch nicht, worauf die Versuche abzielen: in dem, worauf sie gerichtet sind, in dem Gange der Vertiefung und Verflachung zeigt sich eine hinlängliche Uebereinstimmung aller Versuchsreihen, um den Schluss zu erlauben, dieser Gang sei ein gesetzmässiger, von den verschiedenen Nebenumständen, die den Schlaf tiefer oder leiser machen können, unabhängiger. Die aus ihnen abzuleitenden Gesetze und Thatsachen können daher auf eine Bedeutung in Bezug auf die absolute Tiefe des Schlafes keinen Anspruch machen und nur für den Gang der Vertiefung resp. Verflachung desselben Geltung erlangen.

Im Allgemeinen ist leicht zu übersehen, dass in der ersten Stunde des Schlafes die höchsten Intensitäten erreicht werden, von da ab, anfangs in rascher Abnahme, dann langsamer und immer langsamer, geringere zum Erwecken hinreichen. Hier ist nun zunächst dem Einwand zu begegnen, als ob die auffällige Grösse dieser Anfangswerthe nicht davon abhänge, dass der Schlaf erst eine halbe resp. ganze Stunde gedauert habe, sondern davon, dass die Versuche zu dieser Zeit eben die ersten waren. Ich habe zu dem Ende zu verschiedenen Epochen den Anfang mit den Versuchen gemacht und verweise auf die Versuche Epoche $1^h,5$ nach dem Einschlafen, die eine überraschende Gleichmässigkeit zeigen, mögen sie die ersten sein oder folgen. Weniger Gewicht möchte auf den Versuch Epoche $3^h,0$ der fünften und sechsten Reihe zu legen sein, weil dem der sechsten Reihe, die überhaupt nur mit Vorsicht zu verwenden ist, ein unbrauchbarer Versuch, allerdings um eine ganze Stunde, vorausging, bei dem der Schläfer, nachdem

über 60 Schläge verschiedener Elevationen bis zu einer Intensität von 0,0953 gegeben waren, plötzlich sich ermunterte und schon lange wach zu sein erklärte.

Streichen wir aber einmal, um den supponirten Einfluss des Umstandes, dass ein Versuch der erste einer Reihe ist, zu eliminiren, den ersten Versuch einer jeden Reihe, was erhalten wir? Abgesehen davon, dass uns für die erste halbstündliche Epoche jeder Werth verloren geht und für die zweite ein sehr niedriger erhalten bleibt, der sicher im Allgemeinen nicht richtig ist, so bleibt übrigens der Gang des Schlafes genau derselbe, durch rasche Vertiefung im Anfang, einen Maximalwerth innerhalb der ersten Stunden nach dem Einschlafen und langsame Verflachung gegen das Erwachen hin charakterisirt.

Und nun betrachte man die Anfangswerthe für sich, gleichsam in einer Reihe vereinigt, so wird man wieder, soweit Anfangswerthe verhanden sind, denselben Gang der Vertiefung und Verflachung finden. Auf diesen allein kommt es ja an. Der absolute Werth mag allerdings, wenigstens lässt sich dies von vornherein nicht ableugnen, durch das Gefühl der Erwartung, von dem wir gesehen haben, dass es dem Schläfer beschwerlich fällt, beeinflusst sein, es ist aber nicht abzusehen, wie es einen besonderen Einfluss auf den ersten der angestellten Versuche ausüben und nicht vielmehr alle gleichmässig influenziren soll.

Die Hauptsache ist, dass wir aus den Tabellen sehen, wie ein voraufgegangenes Erwecken durchaus nicht eine Verflachung des Schlafes zur Folge hat; vielmehr sehen wir so oft auf eine kleinere Intensität im nächsten Versuche eine grössere folgen, dass wir überhaupt die Thatsache von der allmäligen Verflachung des Schlafes gegen sein Ende hin zunächst nur auf den allgemeinen Eindruck der vorgeführten Beobachtungsreihen, nicht auf eine genaue Discussion der einzelnen Werthe gestützt haben. In der That wirkt auch ein voraufgegangenes Erwecken vertiefend auf den Schlaf, nicht verflachend; d. h. der Schlaf wird nach einer Störung tiefer, als er gewesen sein würde, wenn dieselbe nicht Statt gefunden hätte. Diese nur für den ersten Augenblick auffällige Thatsache (s. S. 236) ergibt sich zunächst aus mehrfachen directen Versuchen. In der IV. Reihe erfolgte in der Epoche 4^h,916.. bei einer Intensität von 0,0008 ein von dem verabredeten etwas verschiedenes aber sicheres Zeichen des Wachseins — nach einer Pause von 2′ war eine Schallstärke von 0,0215 noch nicht zum Erwecken hinreichend. In derselben Reihe in der Epoche 6^h,66.. bei

einer Intensität von 0,0055 ein mit jedem Schlage sich wiederholendes Zucken eines Fingers und eine Aenderung im Typus des Athmens, 2' darauf war eine Intensität von 0,0266 noch nicht hinreichend, ein Lebenszeichen hervorzurufen. Sehr schlagend ist ein Versuch der VI. Reihe, wo in der Epoche 6^h,0 eine Intensität von 0,0150 dem Schläfer die verabredete Antwort entlockte; als der Athem wieder ruhig geworden war, was höchstens eine halbe Minute Zeit erforderte, wurde mit den Versuchen fortgefahren und nun reichte eine Intensität von 0,0229 noch nicht zum Erwecken hin. Ebenso in Epoche 5^h,75, wo der Schläfer auf eine Intensität von 0,0006 antwortete, unmittelbar folgends aber eine von 0,0054 noch keinen Erfolg hatte und ebenso in der VII. Reihe, wo in Epoche 2^h eine Intensität von 0,0006 hinreichend war, unmittelbar darauf eine von 0,0186 noch nicht genügte. In derselben Reihe war in einem und demselben Versuche, um eine dreimalige Antwort zu erzwingen, Anfangs eine Intensität von 0,0004 hinreichend, unmittelbar darauf genügte eine von 0,0164, zum dritte Male eine von 0,0694 noch nicht. Der ganze Versuch dauerte fünf Minuten. Auch ein Versuch der VII. Reihe ist hierher zu ziehen, wo der Schläfer bei einer Intensität von 0,0099 Töne ausstiess, verschiedene Bewegungen machte und taktmässig bei jedem Schlage das Gesicht äusserst schmerzhaft verzog, unmittelbar darauf aber Intensitäten bis 0,2568 ohne Erfolg blieben. Einige weitere Versuche über diesen Punkt werden späterhin zu erwähnen sein.

Betrachten wir aber die Zahlen der dritten Tabelle etwas genauer, so finden wir in der Periode der zunehmenden Verflachung des Schlafes auffallende Unregelmässigkeiten. Als Unregelmässigkeiten ist man nämlich die fast in jeder Reihe vorkommenden Abweichungen von dem Werthe, den ein gleichmässiger Gang fordern würde und der leicht durch Interpolation gefunden werden kann, zu betrachten genöthigt, weil diese Abweichungen regellos durch das ganze Versuchsfeld zerstreut vorkommen, dadurch keine Constanz weder in ihrem Auftreten noch in ihrer absoluten und relativen Grösse erkennen lassen und vorzugsweise in der Periode des späteren, flacheren, unruhigeren Schlafes sich zeigen. Hier nun kommt uns die directe Beobachtung zu Statten. Ueberall nämlich, wo eine Abweichung vom gewöhnlichen Gange derart vorkommt, dass der Schlaf tiefer gewesen, als man nach den im vorhergehenden und folgenden Versuche erhaltenen Werthen hätte annehmen müssen, findet sich im Beobachtungsjournale eine Schlafbewegung, ein Kratzen, ein Hustenstoss, ein spon-

tanes Stöhnen, Schlafreden oder auch eine von aussen kommende Störung, ein Geräusch etc. ohne Reaction von Seiten des Schläfers als dem Versuche unmittelbar voraufgehend angegeben. All dies deutet aber darauf hin, dass der Schlaf in diesem Augenblicke kein normaler, ungestörter war und so tritt diese Thatsache in unerwarteten Zusammenhang mit den Resultaten der eben angeführten Versuche. So ist bei dem Versuche der I. Reihe Epoche $3^h,0$ bemerkt: „3′ vorher lebhaftes Dehnen und Gähnen in tiefster Stille“; so gingen dem Versuche der I. Reihe Epoche $3^h,75$ Schlafbewegungen, Dehnen und Augenreiben 2′ vorauf; so beim Versuche Epoche $2^h,0$ der II. Reihe: „mehrfache lebhafte Bewegungen kurz vorhergegangen“, ebenso bei Epoche $4^h,33..$ derselben Reihe (die Intensität stellt sich für das linke Ohr auf 0,0032). So beim Versuche der Epoche $6^h,16..$ derselben Reihe: „ganz spontan lebhaftes Dehnen und Rücken. Der Versuch wird sogleich begonnen.“ Auch bei Epoche $5^h,5$ der III. Reihe sind dem Versuche voraufgehende Bewegungen angegeben. Die hohe Intensität bei Epoche $6^h,0$ der VI. Reihe erscheint bedingt durch vorhergehende Erweckungen von Viertelstunde zu Viertelstunde, wobei gerade der unmittelbar voraufgehende Versuch, weil doppelt angestellt (s. S. 231) 10′ in Anspruch genommen hatte. In der VIII. Reihe endlich ist dem Versuche Epoche $4^h,0$ ein Erwachen zum vollständigen Bewusstsein vorhergegangen, vielleicht veranlasst durch den Reiz einer angezündeten Cigarre, einen für den Nichtraucher, der dem Versuche unterworfen war, hinlänglich starken Reiz. Gerade auf diesen Versuch möchte ich besonderes Gewicht legen, insofern er die rasche Vertiefung des Schlafes nach dem Einschlafen, auch nachdem schon mehrfache Versuche vorhergegangen waren, schlagend beweist. Der Versuch der Epoche $4^h,5$ derselben Reihe ist unrein, da hier durch die angegebene Intensität zwar verschiedene Töne und Bewegungen, aber nicht die verabredete Antwort hervorgerufen wurde; — es wurde bis zu einer Intensität von 0,2586 gegangen, ohne dass dieselbe erzwungen werden konnte. So mag leicht auch hier ein vollständiges Erwachen Statt gefunden haben, ohne dass der Betreffende ein Zeichen davon gegeben hat und hiervon möglicher Weise die hohe Intensität in Epoche $5^h,0$ abhängen, in Verbindung mit kleineren, dem letzteren Versuche kurze Zeit vorhergegangenen Bewegungen. Aus den Reihen für das rechte Ohr ist der Versuch Epoche $3,^h0$ der I. Reihe bereits erwähnt, ebenso der Versuch Epoche $4^h,33..$ der II. Der Versuch der Epoche $4^h,33..$ der VI. Reihe ward

gestört durch einen mit heftigem Gerassel draussen vorübergefahrenen Wagen, dessen Gepolter, stärker als die zum Erwecken nöthige Schallintensität, als Weckreiz gewirkt hatte. Auch bei Epoche $5^h,5$ der VI. und bei Epoche $4^h,0$ der VII. Reihe sind mannigfache Bewegungen dem Versuche unmittelbar voraufgegangen.

Ausserdem finde ich noch bei Epoche $3^h,0$ der III. und VII., Epoche $4^h,0$ der III. und $4^h,5$ der V. Reihe dem Versuche vorher gehende geringe Bewegungen notirt: allein in allen diesen Fällen ist auch die Annahme, der erhaltene Werth sei ein zu grosser, durchaus nicht auszuschliessen; sie wird sogar wahrscheinlich, wenn man bedenkt, dass die Intensitäten für das rechte Ohr den doppelten für das linke aequivalent sind. Ebenso sind den Versuchen Epoche $1^h,5$ der III. und der VII. Reihe sehr bedeutende Schlafbewegungen voraufgegangen und nur darum sind diese Versuche oben nicht mit aufgeführt worden, weil bei ihnen, wegen mangelnder Vorversuche, die Erhöhung der Intensität nicht zu beweisen war. Ebenso verhält es sich mit dem Versuche Epoche $1^h,0$ der IV. Reihe. Jetzt dürfen wir wohl den Schluss umkehren und sagen: da hier solche Störungen vorhergegangen waren, muss der Schlaf tiefer gewesen sein als normaler Weise — und also dienen diese Versuche mit zum Beweis, dass nicht der erste Versuch überhaupt, sondern der Versuch in den ersten Perioden des Schlafes die grössten Werthe für dessen Tiefe ergibt.

Dass ausser in den angeführten Fällen noch bei Epoche $4^h,0$ der III. Reihe und $2^h,0$ der IV. Reihe geringe Bewegungen kurz vor dem Versuche notirt sind, kann bei der geringen Anzahl dieser widersprechenden, der überwiegenden der zustimmenden Fälle das Resultat nicht beeinträchtigen. Es versteht sich wohl von selbst, dass die Beobachtungen mit der grössten Strenge angestellt, notirt und discutirt sind. Das Beobachtungsjournal enthält für jede Reihe nur die allerrohesten Beobachtungen und ist so geführt, dass die Resultate der Discussion vorhergehender Betrachtungen auf die folgenden keinen Einfluss haben konnten, indem sogar die Berechnung der Intensitäten aus Elevation und Entfernung erst nach Beendigung der ganzen Versuchsreihe vorgenommen wurde.

Zunächst stösst nun die Frage auf, wie lange Zeit hinaus eine Störung ihren vertiefenden Einfluss ausübt. Ihre Beantwortung ist von Wichtigkeit für die Beurtheilung der Anordnungsweise der Versuche. Folgende Thatsachen mögen zur Entscheidung dienen.

In der II. Reihe Epoche $2^h,75$ ward der Schläfer plötzlich mit einer Intensität von 0,2309, also jedenfalls vollständig erweckt: eine Viertelstunde darauf ergab der regelmässige Versuch, wie man aus der Tabelle sieht, keine nennenswerthe Abweichung. In der ersten Reihe entstand 10′ nach dem Versuche Epoche $2^h,0$ ein leichtes Rascheln eines umgelegten Blattes Papier: der Schläfer gab bei diesem viel geringeren Weckreize das verabredete Zeichen, so dass also hier das zehn Minuten voraufgegangene Erwecken einen Einfluss nicht mehr haben konnte. Dem Versuche Epoche $4^h,33$.. der II. Reihe ist ebenfalls zehn Minuten eine mächtige Schlafbewegung voraufgegangen — möglicher Weise lässt sich hier bei Reduction auf das linke Ohr noch eine Vertiefung constatiren, keinesfalls aber ist sie bedeutend. Der Versuch Epoche $3^h,0$ der III. Reihe ist sogleich nach eingetretener Ruhe angestellt; wir haben gesehen, dass das Resultat vielleicht doch als zu gross angesprochen werden muss. Auch dem Versuch Epoche $1^h,5$ derselben Reihe ist eine mächtige Schlafbewegung, wobei der Schläfer sich stark entblösste und trotz starker Kälte längere Zeit so liegen blieb, zehn Minuten vorhergegangen: ihr Einfluss ist nicht in die Augen springend. In der Epoche $2^h,25$ der IV. Reihe erfolgte eine sehr heftige Bewegung. Unmittelbar folgends hatte eine Intensität von 0,00002 im rechten Ohre Erfolg; eine Minute darauf genügte dieselbe nicht mehr und war eine von 0,0005 erforderlich. Dieselbe genügte aber auch nach zehn Minuten wieder. Wir sehen daraus, was schon von vornherein anzunehmen war, dass auch die Vertiefung nach einer Störung eine gewisse, wenn auch kurze Zeit erfordert; zugleich dass nach zehn Minuten der Einfluss einer solchen, wenn nicht ganz ausgelöscht, doch nicht mehr merklich ist. Daher kann man auch den hohen Werth in Epoche $7^h,0$ der II. Reihe nicht wohl auf Rechnung des vorhergehenden Versuches in Epoche $6^h,16$.. setzen (dieser Versuch ist während lebhaften Dehnens und Rückens begonnen und dauerte, weil stufenweise fortschreitend bis zu beträchtlichen Elevationen gegangen werden musste, ziemlich lange) sondern muss hier eine unbekannte, keine Reaction nach Aussen veranlassende Störung annehmen, zumal der Abfall vom Werthe in Epoche $6^h,16$.. zu dem der Epoche $7^h,0$ in gar keinem Verhältniss steht zu dem vom Werthe dieser Epoche zu dem der Epoche $7^h,5$. So fallen denn auch die meisten der angegebenen Bewegungen in die letzten fünf Minuten vor Beginn des Versuches; keine ist dem Versuche länger als zehn Minuten vorhergegangen. Dass übrigens die

Intensität der Störung auf die Dauer von Einfluss ist, davon weiter unten.

Hieran schliessen sich die viertelstündlich wiederholten Versuche. Es sind deren in der VI. und in der VII. Nacht je eine Reihe angestellt worden. Leider sind die Resultate nicht recht brauchbar, weil gerade bei diesen Reihen mannigfache Störungen einfielen; wie denn fast alle hierher gehörigen Versuche schon unter den angeführten erwähnt sind. Doch möchte gerade dieser Umstand darauf hindeuten, dass eine so häufige Wiederholung der Versuche auf das Resultat nicht ohne Einfluss ist. Auch darauf ist hinzuweisen, dass die durch viertelstündlich wiederholte Versuche erlangten Werthe im Allgemeinen zu gross erscheinen, und wenn wir nach zehn Minuten den Einfluss einer Störung noch nicht ganz überwunden sehen, so ist gerade hier, wo bei hohen Intensitäten der einzelne Versuch oft mehr als 5′ in Anspruch nahm, schon a priori eine Störung des folgenden Versuches durch den vorhergehenden anzunehmen. Wenn man aber zwischen den einzelnen Versuchen Pausen von einer halben Stunde eintreten lässt, so ist dies sicher nicht mehr der Fall. Denn zwischen den Resultaten bei halb- und bei ganzstündlicher Wiederholung der Versuche zeigt sich kein Unterschied, den man nicht auf unvermeidliche Beobachtungsfehler und zufällige Störungen zurückführen könnte. Bei graphischer Darstellung stellt sich dies deutlich heraus: die entstehenden Curven bleiben im Wesentlichen vollständig gleich, mag man nun, die Schlafdauer als Abscisse genommen, für halb-, für ganz- oder für zweistündliche Abschnitte die Ordinaten construiren.

Welches ist nun der Sinn der gefundenen Beobachtungsthatsachen? Die Bewegungen des Schlafenden, sein Kratzen, sein Husten, sein Sprechen sind offenbar durch Reize ausgelöste Reflexbewegungen. Jeder Reiz muss aber eine Erhöhung der psychophysischen Thätigkeit zur Folge haben. Jene Erscheinungen beweisen also, dass eine dergleichen stattgefunden hatte; wie ja eben Bewegungen nur dann zu Stande kommen, wenn die Intensität der psychophysischen Thätigkeit eine gewisse Schwelle übersteigt. Dasselbe erfolgt bei Einwirkung äusserer Reize (Geräusch etc.), die den Schlaf in der Folge ebenfalls vertiefen. Die Erfahrung lehrt also im Sinne der Vorbemerkungen, dass auf jede plötzliche Erhöhung der Intensität der psychophysischen Thätigkeit im Schlafe (natürlich ohne dass dieselbe dadurch über die Schwelle gehoben zu werden braucht) eine Verminderung derselben erfolgt, so dass sie unter den Werth sinkt, den sie bei stetigem Gange

zur selben Zeit erreicht haben würde*). Begreiflich wird diese Verminderung unter das Normal in einem gesetzlichen Abhängigkeitsverhältniss zur vorhergehenden anomalen Erhöhung auch der Qualität nach stehen — und so sehen wir in der That nach vollständigem Erwachen, wobei die psychophysische Thätigkeit bis über die Schwelle gehoben war (Epoche 2^h,0 Reihe II. und Epoche 4^h,0 Reihe VIII.), die folgende Vertiefung des Schlafes eine höchst bedeutende werden und die dadurch veranlasste Unregelmässigkeit am Auffallendsten. Natürlich wird auch die auf Störung folgende Verminderung und Erhöhung der psychophysischen Thätigkeit einen gesetzmässigen Gang nehmen und der numerische Einfluss einer Störung ebenso von der seit derselben verflossenen Zeit abhängen, wie die Festigkeit des Schlafes überhaupt von seiner Gesammtdauer. Es ist wohl die Analogie nicht zu weit getrieben, wenn man für die Vertiefung in Folge einer Störung denselben Gang statuirt, wie ihn die Festigkeit des Schlafes im Allgemeinen nimmt — ist ja doch der nach einer Störung fortdauernde Schlaf wesentlich ein Wiedereinschlafen, wenn auch nicht vom vollen Wachen aus — nämlich rasche Vertiefung im Anfang, dann Verflachung mit abnehmender Geschwindigkeit. Ob die Verflachung nur bis zum Normal geht, ob sie es gar nicht erreicht, sondern sich ihm nur unendlich annähert, so dass nach zehn Minuten der Einfluss der Störung zwar unmerklich würde, aber doch die ganze Schlafdauer hindurch bestände, ob endlich nicht doch folgends eine Verflachung eintritt, grösser als sie bei ungestörtem Schlafe eingetreten wäre, darüber kann direct keine Entscheidung gegeben werden. Die Thatsache aber, dass keine Aenderung im Gange zu bemerken ist, mögen die Versuche halbstündlich oder ganzstündlich wiederholt werden, scheint wenigstens einen weiter hinaus wirkenden Einfluss der dritten Art auszuschliessen.

Wie der numerische Werth der Verminderung der psychophysischen Thätigkeit von dem Grade der verursachenden Erhöhung, so wird natürlich auch die Dauer ihrer Einwirkung gesetzlich von demselben abhängen. So erstreckt sich bei den Versuchen, denen vollständiges Erwachen vorausging, die dadurch

*) Bei dieser Auffassung ist es gleichgültig, ob der Schläfer nach vorausgegangenen Störungen deshalb erst auf eine höhere Intensität antwortet, weil ihm erst diese zum Bewusstsein kommt, oder ob es in Folge unwillkürlicher Simulation (siehe S. 218) geschieht. Denn in beiden Fällen ist eben die durch den Reiz ausgelöste psychophysische Thätigkeit nicht stark genug, seinen Willen, um mich so auszudrücken, zum Erwachen zu bringen, während sie ohne Störung dazu stark genug gewesen sein würde.

veranlasste Vertiefung des Schlafes jedenfalls weiter als über zehn Minuten und die Umgrenzung der Einwirkung einer Störung in diesen Zeitraum bezieht sich selbstverständlich nur auf Störungen solcher Art und Grösse, wie sie im Verlaufe der jetzt besprochenen Versuche vorgekommen sind. Bei der höchst verschiedenen Intensität der einwirkenden Reize wird aber der Grad der dadurch veranlassten Abweichung und folgends die Dauer ihrer Einwirkung durchaus verschieden ausfallen und bei der Unberechenbarkeit dieser Reize (innerer: Blutlauf, Blutmischung, Gemeingefühle, Hustenreiz, vielleicht auch „der feinste und potenzirteste aller Reize“, der Wille und Träume; äusserer: eine drückende oder kitzelnde Falte, Parasiten, Geräusche, Gerüche etc. etc.) sich aller und jeder Controle entziehen müssen. Eben nur in ausgezeichneten Fällen lässt sich ihr Vorhandensein constatiren und, wo sie keine Reaction veranlasst, doch aber den Schlaf auffällig vertieft haben (Epoche 7^h,5 der V., 5^h,0 und 6^h,5 der VI. Reihe), vermuthen. In der VI. Reihe lag jedenfalls eine solche Störung durch innere Vorgänge vor, als sich der Schläfer vor Beginn der Versuche zwei Mal, 20″ und 1^h,45′ nach dem Einschlafen in tiefster Stille ohne alle äusserlich wahrnehmbare Veranlassung plötzlich aufrichtete, die Augen aufschlug, sogleich aber wieder zurück- und in Schlaf sank. Warum sollten dergleichen innere Vorgänge nicht auch den Schlaf stören können, ohne so drastisch ihr Dasein kund zu geben? In der ersten und zweiten Periode des Schlafes (so sei es erlaubt, die Perioden der zunehmenden Vertiefung und der langsamen Verflachung zu bezeichnen) werden bei der an sich grossen Festigkeit des Schlafes die einwirkenden Reize viel weniger leicht eine Reaction hervorrufen, als in den späteren Perioden des leiseren Schlafes. Denn offenbar werden im tiefen Schlafe die Reize, die ihrer absoluten Intensität nach freilich dieselben sind wie im leiseren, doch die in geringerem Masse vorhandene psychophysische Thätigkeit viel weniger leicht auf und über die zum Zustandekommen von Bewegungen nöthige Schwelle heben können, als die an sich schon dieser Schwelle viel näher kommende im leiseren Schlafe. Daher finden wir denn auch in den ersten Versuchen einer jeden Reihe einen viel constanteren, regelmässigeren Gang und damit tritt die Thatsache in Beziehung, dass in den ersten Perioden der Schlaf als ein viel ruhigerer, ungestörterer, von Bewegungen weniger unterbrochener der Beobachtung sich darstellt, als in den letzten. Man kann nicht ohne Grund dem Schlafe der letzten Perioden einen oscillatorischen Gang zuspre-

chen; nur sind die Oscillationen keine regelmässigen, normalen, sondern durch zufällige Einflüsse hervorgerufen, deren Zahl freilich in dieser für gewöhnlich ohnehin mit der Zeit des wieder erwachenden äusseren Lebens zusammenfallenden Periode Legion ist.

Wir haben bis jetzt den Einfluss verschiedener concurrirender Umstände vernachlässigt, die noch einer kurzen Besprechung bedürfen. Zunächst weist schon die Seite 219 mitgetheilte Aussage des dem Versuche Unterworfenen auf einen Einfluss der Gewöhnung hin, und in der That tritt die Wahrnehmung entgegen, dass im Allgemeinen die Werthe der späteren Reihen viel grösser ausfallen, als die der früheren. Ich trage kein Bedenken, dies Verhältniss auf die mit der öfteren Wiederholung der Versuche mehr und mehr hervortretende Gewöhnung an dieselben zurückzuführen, eben auf jene Aussage gestützt. Die Gewöhnung wirkt aber zwar auf den absoluten Werth der Schlaftiefe, aber durchaus nicht auf den Gang der Vertiefung und Verflachung, wie man leicht bei Vergleichung der Reihen II und VII sehen kann, wie denn schon von vornherein jenem Gefühle der Erwartung zwar ein Einfluss auf das Resultat, aber da es alle Versuche gleichmässig trifft, kein Einfluss auf den Gang des Schlafes beigemessen werden konnte. Wollte man Mittelwerthe gewinnen, die auch ihrer absoluten Grösse nach als Idealwerthe angesehen werden dürften, so müsste man die ersten Reihen ausschliessen. Da wir aber nur den Gang der Vertiefung und Verflachung als das Wesentliche ansprechen, die absolute Tiefe des Schlafes für uns völlig irrelevant ist, so können wir, um den idealen Gang des Schlafes zu finden, auch alle benutzen.

Die Lebensweise des den Versuchen Unterworfenen war im Ganzen während derselben eine gleichmässige. Nur der ersten Reihe ging eine bedeutendere Ermüdung durch Tanzen voraus. Es zeigt sich kein auffälliger Unterschied zwischen der ersten und der zweiten Reihe und wir würden vollauf berechtigt sein, die gegen die Werthe der ersten Reihe grösseren der zweiten auf die Rechnung der Gewöhnung zu setzen, wenn nicht aus später zu erörternden Gründen gerade hier doch vielleicht eine Verminderung der absoluten Werthe, wenn auch nicht eben direct durch Ermüdung, angenommen werden müsste. Der Gang des Schlafes ist aber jedenfalls durch sie nicht alterirt.

Es könnte fraglich erscheinen, ob die Tiefe des Schlafes nur von seiner Dauer und nicht auch von der absoluten Tageszeit abhängt und die auffällige Thatsache, dass man oft beim Erwachen, wo man doch nur von der Tiefe des Schlafes eine unmittelbare Empfindung haben kann, ohne alle äusseren Hülfs-

mittel ein genaues Gefühl von der absoluten Tageszeit hat, scheint für das Letztere zu sprechen. Zur Prüfung derselben habe ich directe Versuche angestellt, indem ich mich zu verschiedenen Zeiten in der Nacht wecken liess, angab, was meiner Meinung nach die Uhr sei und dann meine Angabe mit der wahren Zeit verglich. Dabei war ich mir dann deutlich bewusst, meine Angaben nur nach dem Gefühle von der grösseren oder geringeren Festigkeit des Schlafes zu machen, aus dem ich geweckt war, und dem Gefühle grösserer oder geringerer körperlicher Erquickung, die ich verspürte; und daher waren sie denn auch nur dann richtig, wenn ich zu einer Zeit geweckt wurde, die mir aus vorhergehenden Versuchen oder als gewöhnliche Aufstehzeit geläufig war; während ich aus tiefem Schlafe erweckt, nur ganz kurze Zeit geschlafen zu haben glaubte und daher eine frühere Stunde, als die wahre, in den Perioden des flacheren Schlafes aber allemal die Stunde angab, um die ich das Bett zu verlassen pflegte, mochte ich nun zeitiger oder später eingeschlafen und wieder geweckt worden sein. Daraus folgt, dass die Tiefe des Schlafes nur eine Function seiner Dauer ist, unabhängig von der absoluten Zeit. Und so zeigt sich denn auch in der ersten Reihe, wo die Versuche 3^h 5′ Morgens begonnen wurden, kein wesentlicher Unterschied von der zweiten, wo sie 12^h 25′ Nachts begannen. Sonst schwankte die Zeit des ersten Versuchs von 11^h 25′ bis 12^h 40′ Nachts.

Uebrigens ist damit noch keineswegs gesagt, dass die Tageszeit, in der man schläft, für den Schlaf und seine Festigkeit gleichgiltig und der alte Volksglaube von der Vortrefflichkeit des Vormitternachtsschlafes vollständig ohne Grund sei. Denn es ist von Wichtigkeit, dass der Schlaf in eine Zeit falle, wo das äussere Leben mit seinen tausenderlei Reizen schweigt, damit derselbe seinen gesetzmässigen Verlauf habe und nicht zu frühzeitig dem Erquickungsuchenden die schöne Ruhe der ersten Morgenstunden durch Aeusseres gekürzt werde. Wer aber bis in die späte Nachtstunde den Strom des wachen Bewusstseins verlängert, dem verlängert sich der Strom des Unbewusstseins in den Tag hinein, und dessen Licht und Lärm, dem leisen Schlaf der letzten Stunden verderblich, verkümmert ihm in ermattendem Wechsel zwischen Gewecktwerden und Zurücksinken in den Schlummer die Erholung. Ich habe, als ich behufs meiner Versuche die Nacht in Tag, den Tag in Nacht zu verwandeln gezwungen war, oft genug durch das leiseste Geräusch erweckt, vergeblich meine gewöhnliche Schlafzeit einzuhalten gestrebt, den Ausfall aber

an körperlichem und geistigem Wohlbefinden deutlich verspüren können. Indess ist auch hier die grosse uns zum Heil verliehene Macht der Gewöhnung nicht zu verkennen. Versuche an Solchen, die nach Tische zu schlafen pflegen, würden deshalb von grossem Interesse gewesen sein. Leider stand mir unter den Nachmittagsschläfern kein geeignetes Individuum zu Gebote, und auf die in einem künstlich herbeigeführten Schlafe erhaltenen Resultate Schlüsse zu bauen, erschien doch zu bedenklich, als dass ich den mit mancherlei Unzukömmlichkeiten verbundenen Versuch hätte unternehmen mögen*).

Absichtlich und künstlich einige der concurrirenden Umstände zu verändern (Veränderung der Lage, Wechsel des Zimmers, verschiedene Temperaturen, Einführung differenter Substanzen) hätte die vorgezeichneten Grenzen einer Arbeit überschritten, die sich zunächst streng auf das Normale zu beschränken hatte.

Es ist schon mehrfach auf die aus allen Versuchen zu ziehenden Mittelwerthe hingewiesen worden. Bei der bekannten Unzuverlässigkeit von Mitteln, die überall die höchste Vorsicht in ihrer Benutzung zur Pflicht macht, sind einige Erörterungen über die Grenzen ihrer Zulässigkeit in unserem Falle nöthig. Wir haben gesehen, dass die absoluten Werthe unter verschiedenen Umständen sehr verschieden ausfallen; unter Umständen, die man einem arithmetischen Maasse nicht unterwerfen und nicht als positiv negativ um einen Nullpunkt herum gruppiren kann, für den der berechnete Mittelwerth Geltung hätte. Nichtsdestoweniger werden die aus allen Reihen berechneten Mittel von grosser Wichtigkeit, sobald wir, absehend von ihrem absoluten Werthe, auf ihren Gang unser Augenmerk richten. Denn in ihrem Gange zeigen die einzelnen Versuchsreihen eine hinlängliche Uebereinstimmung und wir finden, dass die Umstände, welche auf die absolute Tiefe des Schlafes Einfluss haben, doch den Gang desselben wenig oder gar nicht alteriren. Nach dem gefundenen Gesetz der Vertiefung in Folge einer vorhergehenden Störung müssen wir aber von der Berechnung alle diejenigen Werthe ausschliessen,

*) Es liegt nahe, hier an Krankheiten zu denken und zwar nicht blos an die eigentlichen hypnoiden und anhypnoiden Zustände, sondern an alle Krankheiten überhaupt, die durch erregte Schmerzen oder Fieber oder wie sonst auf den Bewusstseinszustand von Einfluss sind. Bei den am Krankenbett unüberwindlichen inneren und äusseren Schwierigkeiten derartiger Messungen ist an eine praktische Verwerthung derselben wohl kaum zu denken, zumal auch hier wahrscheinlich nicht der Gang, nur die absolute Tiefe gegen den Schlaf im gesunden Zustande geändert ist, über welche man ein Urtheil nur dann gewinnen könnte, wenn man gesunden und krankhaften Schlaf desselben Individuums vergliche.

welche durch voraufgehende zufällige Einflüsse modificirt sind. Ferner ist darauf zu achten, dass in den Mittelwerthen Werthe aus den ersten und aus den letzten Reihen gleichmässig vertreten sind und endlich nur diejenigen benutzt werden, welche unter sich gut übereinstimmen. Denn natürlich würde, wenn man einen Werth aus Resultaten der ersten, einen zweiten aus solchen der letzten berechnen wollte, wenn sie auch jeder für sich vollkommen in den normalen Gang hineinpassen, doch wegen der Verschiedenheit der absoluten Werthe das Mittel einen falschen Gang nehmen; eine grosse Abweichung eines Resultates aber von dem nach Analogie zu erwartenden erweckt allemal den Verdacht einer zufälligen Störung. Mit Berücksichtigung aller dieser, für Benutzung und Berechnung von Mittelwerthen allgemein gültigen Regeln sind die Werthe berechnet worden, nach denen die Idealcurve des Schlafes (zunächst nur für das Individuum, an dem die jetzt besprochenen Beobachtungen angestellt sind), die man am Ende dieser Abhandlung findet, construirt ist. Für jeden Punkt derselben wird man leicht die Beobachtungen in den Tabellen finden, die zu seiner Bestimmung massgebend gewesen sind. Warum die Schlafdauer als Abscisse angenommen und nur für halbstündliche Abschnitte die Ordinaten construirt sind, ist schon erörtert. Für die erste halbe und ganze Stunde waren leider brauchbare Resultate nur in den ersten Reihen vorhanden, daher die Ordinaten hier wahrscheinlich etwas zu klein ausgefallen sind, das Aufsteigen und der Abfall also noch steiler werden, der Zeitpunkt der grössten Tiefe näher an den Anfang des Schlafes heranrücken dürfte.

Die Betrachtung der Curve zeigt, dass der Schlaf innerhalb der ersten Stunde nach dem Einschlafen rasch eine bedeutende Tiefe erreicht; in der zweiten Stunde nimmt dieselbe nicht mit gleicher, aber immer noch ziemlich grosser Geschwindigkeit ab; in den folgenden Stunden wird die Geschwindigkeit des Abnehmens immer geringer und geringer, bis endlich mehrere Stunden schon vor dem Erwachen die Tiefe des Schlafes von Stunde zu Stunde kaum merklich sich ändert; in welcher Periode jedoch die Störungen, deren Einfluss früher verschwindend war, nie fehlen und wesentliche Abweichungen hervorbringen. Mit Grund kann man vier Perioden des Schlafes statuiren: der zunehmenden Vertiefung, der raschen, der langsamen und der kaum merklichen Verflachung. Unser grosser Dichter, dem überall das erste Wort gebührt, wo es Beobachtung und Wiedergabe eigener Seelenzustände gilt, hat so den Schlaf nicht allein poetisch schön, sondern auch thatsächlich treffend wahr und fein geschildert.

Fast ist es unnöthig, eine Bemerkung über die Allgemeingültigkeit der aufgestellten Gesetze hinzuzufügen. Denn sie tragen die Bürgschaft dafür in sich selbst. Man übersehe die Gleichheit in dem Gange der Ober- und Untergrenzen und der Mittelwerthe, die Uebereinstimmung der einzelnen Reihen unter einander, die Regelmässigkeit, mit der auf äussere Veranlassungen Abweichungen eintreten, die Sicherheit, mit der man von einer Abweichung vom gewöhnlichen Gange auf eine zufällige Störung schliessen kann — und man wird nicht anstehen, zuzugeben, dass hier der Ausdruck eines allgemeinen Gesetzes vorliege. Ich gestehe, dass ich selbst erstaunt war, die Thatsachen und Gesetze, die ich aus mannigfachen vorhergehenden Versuchen schon im Allgemeinen abgeleitet hatte, hier so klar und scharf ausgeprägt zu finden: um so mehr, je weniger dies bei solchen physiologisch-psychologischen Versuchen zu erwarten stand, wo man sie im Gegentheil tief versteckt und vergraben unter den mannigfachsten Unregelmässigkeiten zu finden gewohnt ist. Freilich darf man auch hier dergleichen brauchbare Beobachtungen nicht gleich auf den ersten Griff zu gewinnen hoffen: — manche Methode musste durchprobirt, manche Nacht durchwacht, mancher Schlaf gestört werden, ehe die besprochenen Resultate sich erzielen liessen. Bald ist der untersuchte Schlaf zu fest: — einen der Untersuchten gelang es nur in den seltensten Fällen zum Erwachen zu bringen — bald so leise, dass schon das Heben des Pendels den Schläfer erweckt; bald ist der Untersuchte nicht in der richtigen Stimmung, regelmässig und munter zu antworten; bald kann er in Erwartung der Versuche nicht einschlafen; bald hindern äussere Umstände und Zufälligkeiten. Deshalb ist es nöthig, die Beobachtungen, auf die man Schlüsse bauen will, sorgsam auszuwählen und nur mit Berücksichtigung aller concurrirenden Umstände über ihre Brauchbarkeit zu entscheiden. Die angeführten Beobachtungsreihen habe ich benutzt, um an sie die Betrachtung anzuknüpfen, weil aus ihnen am Leichtesten und Reinsten die betreffenden Resultate sich herleiten liessen, keineswegs waren sie die erst gewonnenen oder habe ich sie allein zur Orientirung auf dem durchforschten Felde benutzt. Nicht vergessend aber, dass wir streng auf dem Boden der Empirie stehen müssen, füge ich von den an noch fünf anderen Individuen gewonnenen Resultaten einige Reihen bei; mit Benutzung der als zulässig nachgewiesenen Vereinfachung durch Beschränkung auf die Mittel aus Ober- und Untergrenzen.

Dem Instrumente lag zunächst

Dauer des Schlafes in Stunden.	das rechte	linke	rechte	linke	linke	rechte	linke	rechte	linke	rechte	linke	rechte	linke	rechte	linke Ohr.
	IX.		X.		XI.	XII.		XIII.		XIV.		XV.		XVI.	
0,5	0,0214	—	—	0,0103	0,0128			—	0,0009	—	0,0117	—	0,0025		
1,0	0,0407	—	0,1143	—	0,0190	0,0039	—	0,0022.4	—	0,0117	—	0,0032	—	0,0034	—
1,5	0,0104	—						0,0001	—	0,0525	—	0,0021	—	0,0000	—
2,0	—	0,634	0,0853	—		0,0021	—	—	0,0001	∞	—	—	0,0026	0,0015	—
2,5	0,0647	—								—	0,0090	0,0009.8	—	—	0,0190
3,0					0,0040	0,0691	—	0,0003.7	—	—	0,0069	0,0479	—	—	0,0020
3,5										—	0,0008	0,0616	—	—	0,0102
4,0						—	0,0005	0,0004	—	—	0,0011	0,0006	—		
4,5												0,0034	—		
5,0								0,0000	—						
5,5	—	0,0554			0,0026	0,0000.1	—								
6,0						0,0000	—								
6,5	—	0,0428	—	0,0499	0,0018										
7,0															
7,5												0,0000		0,00000	
8,0															
8,5															
9,0															
9,5					0,0003										
0,0					0,0002.5					0,000					

Wenige Bemerkungen werden hierzu genügen.

Die Reihen IX und X enthalten wenig Beobachtungen, weil die folgenden alle unsicher wurden. Der Untersuchte antwortete nicht mehr, gab aber nach Aufhören der bis zur höchstmöglichen Intensität gegebenen Schläge sehr deutliche Zeichen des Erwachens (S. 217), erinnerte sich auch am Morgen sehr genau der stattgefundenen Versuche; war also erwacht, ohne dass es möglich gewesen war, den Augenblick des Erwachens festzustellen. Man sieht aber doch aus diesen wenigen Versuchen den charakteristischen Gang des Schlafes in seinem Beginn. Reihe IX Epoche $2^h,5$ fällt unter das Gesetz der Vertiefung nach plötzlicher Verflachung; es war eine lebhafte Bewegung kurz vorher gegangen. Wie man übrigens schon aus den gegebenen Zahlen sieht, so bestätigte es auch der directe Versuch, dass das rechte Ohr dieses Individuums feiner hört, als das linke. Daher in Reihe X Epoche 0,5 die Intensität etwas zu klein erscheint, wahrscheinlich bedingt dadurch, dass der Zeitpunkt des Einschlafens zu spät angenommen ist und also die ganze Reihe etwas nach oben verschoben werden muss. Trotzdem bleibt sie für den aufgestellten Satz vollkommen beweiskräftig. Wir haben übrigens hier bereits die zweite Ausnahme von der für die meisten Menschen gültigen Regel, dass das linke Ohr feiner hört, als das rechte*).

Reihe XI an einem zweiten, in jeder Beziehung sehr geeignetem Subjecte gewonnen, entspricht genau dem Idealgang und ist dieserhalb mit hier angeführt worden.

Reihe XII an einem Dritten gewonnen, ist als Beispiel des Schlafes bei einer acuten Alkoholintoxication leichteren Grades, die ich auch sonst noch einigemal zu beobachten Gelegenheit hatte, aufgenommen. Wie vorauszusehen, ergibt sich ein durchaus gleicher Gang wie im Normalzustand. Dagegen findet, was an dieser einzigen Reihe nicht so deutlich hervortritt, was ich aber bei vergleichenden hier nicht mit anzuführenden Versuchen regelmässig beobachtet habe, eine beträchtliche Herabsetzung der absoluten Tiefe gegen den gesunden Schlaf in diesem Zustande Statt. In der vorliegenden Reihe war der Schläfer 2^h 50′ plötzlich erwacht (er war 12^h eingeschlafen): daher die grosse Intensität in Epoche $3^h,0$. Dieses zeitige Erwachen und Wiedereinschlafen ist allgemein in den leichteren Graden der acuten Alkoholintoxication, und

---

*) Vergl. Fechner über einige Verhältnisse des binocularen Sehens S. 541.

wir werden sehen, wie es mit der allgemeinen Verflachung des Schlafes in Beziehung tritt (s. S. 250).

Reihe XIII an einem vierten Individuum gewonnen, welches am Morgen erklärte, vor Erwartung kein Auge zugethan zu haben (eine nicht zu selten vorkommende Selbsttäuschung), zeigt sehr deutlich den Maximalwerth bei Epoche $1^h,0$; ferner in Epoche $3^h,0$ den Einfluss eines eine halbe Stunde voraufgegangenen Erwachens, sowie in Epoche $4^h,0$ den Einfluss einer kurz vorhergegangenen mächtigen Schlafbewegung.

Die Reihen XIV, XV, XVI, die Schlafestiefe eines und desselben fünften Individuums enthaltend, legen ebenso deutlich Zeugniss ab für die Richtigkeit der aufgestellten Sätze. In XIV muss der Anfangspunkt der Coordinaten, der Augenblick des Einschlafens wahrscheinlich wenigstens eine halbe Stunde später angesetzt werden, als es in der Tabelle, die eben nur Beobachtetes enthalten sollte, geschehen ist. Denn der Betreffende erklärte beim ersten Weckversuche, eine halbe Stunde nach dem von mir angenommenen, hier gerade aus sehr unsicheren Zeichen bestimmten Zeitpunkte des Einschlafens, dass er noch gar nicht geschlafen habe. Mag auch hier eine kleine Selbsttäuschung vorliegen, so zeigt doch der Gang des Schlafes hinreichend, dass er im Grunde erst von diesem vollständigen Gewecktwerden begonnen hat. Das Unendlichkeitszeichen in Epoche $2^h,0$ dieser Reihe bedeutet, dass durch eine Schallintensität von 0,2722 kein Zeichen des Erwachens erzielt werden konnte. Es ist kein Grund da, weder ein äusserer noch ein innerer, an der Richtigkeit dieser Beobachtung zu zweifeln. Denn wenn auch dadurch die Maximaltiefe des Schlafes im besten Falle auf Epoche $1^h,5$ nach dem Einschlafen rückt, so ist eine solche Verrückung nach vorwärts bei Solchen, die schwer und langsam einschlafen, wie wir gesehen, an sich möglich und im vorliegenden Falle sogar wahrscheinlich. Da man aber den Beginn des Schlafes füglich auf keinen andern Zeitpunkt setzen kann als den, wo in allen Sphären das Bewusstsein erlischt, dieser aber möglicher Weise weit später fällt, als die letzte Aeusserung des Bewusstseins, so finden wir auch hierin keinen Widerspruch gegen den Satz von der raschen Vertiefung des Schlafes auf seine Maximaltiefe innerhalb der ersten Stunde nach dem vollständigen Einschlafen.

Dagegen erheben sich gegen die Richtigkeit der in Epoche $3^h,5$ auftretenden hohen Werthe gewichtige Bedenken, sowohl äussere von Seiten der Beobachtung, als innere von Seiten des Ganges in der ganzen Reihe. Erstens schien der dem Ver-

suche Unterworfene vorher einmal vollständig erwacht; — da er aber auch erwacht stets ruhig liegen zu bleiben pflegte, um durch eine möglichst genaue Simulation des Schlafes den wahren Schlaf herbeizulocken (dass dies bis zu gewissem Grade möglich sei, lehrt eine uralte Erfahrung des gewöhnlichen Lebens), wodurch auch die Unsicherheit in der Bestimmung der Einschlafszeit bedingt wurde, so liess sich dies nicht vollständig constatiren. Dann aber gab er beidemale die verabredete Antwort in einer so brüsquen, mürrischen Weise, erwachte beidemale so plötzlich ohne Prodrome, wie Aenderung im Typus des Athmens etc., während doch die Schallintensitäten bei der absoluten Höhe der Elevationen nur sehr langsam mit diesen wuchsen, dass der Verdacht auf unwillkürliche Simulation sehr nahe lag. Es ist mir mehrmals auch bei Anderen vorgekommen, dass der Geweckte geantwortet zu haben glaubte und ruhig liegen blieb, während er doch in Wahrheit durchaus kein Zeichen des Wachseins gegeben hatte, bis er endlich bei fortdauernd wachsenden Schallintensitäten unwirsch aufsprang und fragte, warum ich ihn nicht ruhen lasse, er habe ja längst geantwortet. So wenig ein solcher Versuch zur Bestimmung der Festigkeit des Schlafes brauchbar ist, einen so interessanten Einblick gewährt er doch in die Seelenvorgänge des Geweckten und es eröffnet sich die Möglichkeit, manche Unregelmässigkeiten im normalen Gange des Schlafes auf solche Verhältnisse zurückzuführen.

Das Verhältniss der Hörfeinheit beider Ohren war übrigens im vorliegenden Falle das gewöhnliche: das linke Ohr hörte beträchtlich feiner als das rechte, womit auch die Zahlen der Tabellen ganz gut stimmen. Bei Epoche 4^h,0 der XIV., 4^h,5 der XV., 2^h,5 und 3^h,5 der XVI. Reihe ist zu bemerken, dass dem Versuche Bewegungen kurz vorausgingen; wie ich mich denn sowohl bei diesem als bei anderen Individuen durch directe Versuche der beschriebenen Art, deren Resultate in extenso aufzuführen zu weitläufig sein würde, von der Richtigkeit der Thatsache der raschen Vertiefung des Schlafes nach einer plötzlichen Verflachung mehrfach überzeugt habe. Noch ist aufmerksam zu machen auf die beinah vollständige Uebereinstimmung der Werthe für Epoche 1^h,0 in der XV., wo der Versuch dieser Epoche der zweite und in der XVI. Reihe, wo er der erste war; die beide unter gleichen Umständen angestellt, namentlich bei gleicher Gesammtdauer des Schlafes (s. S. 249) einen neuen Beweis dafür liefern, dass der erste Versuch jeder Reihe als erster keine Besonderheiten zeigt.

Ich nehme somit für die aufgestellte Idealcurve allgemeine Gültigkeit in Anspruch. Aber eben nur für sie als ideale Curve. Variirt die absolute Höhe der Ordinaten schon bei einem und demselben Individuum so wesentlich, wie viel grössere Variationen werden wir nicht zu erwarten haben bei Vergleichung der Schlafestiefe verschiedener Individuen? Und so finden wir denn auch von einem Schlafe, den eine Intensität von 0,5 noch nicht stört, bis zu einem, der einer Intensität von 0,0034 in seiner grössten Tiefe entspricht, die mannigfachsten Abstufungen. Und überall zwar finden wir, mit und ohne nachweisbare Veranlassung, Abweichungen vom stetigen Gange der Curve — überall aber auch den Gang im Allgemeinen denselben, die Abweichungen derselben Regel unterliegend. Und darum ist es auch mehr als wahrscheinlich, dass zwar nach Geschlecht, Alter, Temperament, Constitution, Beschäftigung und Lebensweise Schwankungen in der absoluten Tiefe des Schlafes sich ergeben, die empirisch nachzuweisen ich begreiflich keine Gelegenheit hatte; mit Gewissheit aber ist anzunehmen, dass der Gang der Vertiefung und Verflachung unter allen Umständen derselbe bleiben wird. Meine Versuche sind angestellt an jungen kräftigen Männern, Studirenden der Universität Leipzig, sämmtlich gesund und während der Versuche gleichmässig lebend. Schon deshalb haben die an ihnen erlangten Resultate einen besonderen Anspruch auf Allgemeingültigkeit.

Was die vegetativen Vorgänge während des Schlafes betrifft, so lag die Betrachtung derselben dem Plane durchaus fern. Jedenfalls nehmen die körperlichen Restitutionsprocesse ihrer Intensität nach denselben Gang wie die Festigkeit des Schlafes. Durham*) macht in seiner schönen Arbeit über die Blutvertheilung im Körper während des Wachens und Schlafens darauf aufmerksam, wie die Ernährungsvorgänge beider Zustände in sich selbst die Bedingung ihrer allmäligen Abnahme tragen: die während des Wachens im Gehirn gebildeten Oxydationsproducte hindern, in je grösserer Menge sie vorhanden sind, um so mehr die fernere Oxydation und die Geschwindigkeit der Fortführung der Umsatzproducte im Schlafe steht im Verhältniss zur noch vorhandenen Menge derselben. Dies aber ergibt, die Zeit als Abscisse genommen, einen ähnlichen Gang für die Restitutionsprocesse, wie ihn die Festigkeit des Schlafes zeigt. Hiermit stimmt ganz gut die angeführte Thatsache, dass der Vormitternachtsschlaf als

---

*) Vergl. das Referat in Schmidt's Jahrbüchern Bd. 110 S. 13.

der festere, auch der erquicklichste sei und dass die Träume nur in der allerersten und in der üppigsten Fülle in der letzten langgedehnten Schlafperiode auftreten; in den mittleren Perioden des tieferen Schlafes gar nicht oder wenigstens (nach Scherner) in wesentlich anderer Weise und Gestalt. Jedenfalls müssen die dem Bewusstsein unterliegenden psychophysischen Bewegungen eine gewisse Schwelle erreichen, damit Träume zu Stande kommen. Im tiefen Schlaf sinken sie unter dieselbe, und erst wenn der Schlaf sich wieder verflacht oder wenn er noch flach genug ist, kann die traumbildende Thätigkeit sich geltend machen. Daher mit Recht eiu traumloser Schlaf, weil tiefer, für erquickender gilt, als ein traumreicher.

Es bleibt nur noch eine kurze Betrachtung anzustellen.

Vergleicht man die Curve der Festigkeit des Schlafes mit bekannten Linien der analytischen Geometrie, so findet man in der Gestalt ihres absteigenden Zweiges eine ziemliche Annäherung an die logarithmische Linie, von der Y-Achse aus gesehen. Sie entspricht also im Allgemeinen einer Linie von der Form $y = e^x$ oder um auszudrücken, dass für $x = a$ $y = o$ für $x = o$ y ein Maximum werden soll, von der Form $y = pe \frac{x}{x-a}$ wo der Anfangspunkt der Coordinaten auf den Zeitpunkt der grössten Tiefe des Schlafes fällt, p den numerischen Werth derselben, x die Dauer des Schlafes, nach beliebiger aber derselben Einheit gemessen wie a, seine Gesammtdauer, vom Zeitpunkt der grössten Tiefe an bedeutet. y ist dann die Tiefe des Schlafes, $\frac{x}{x-a}$ ist eine benannte Grösse, wird für $x = a$ negativ unendlich und für $x = o$ selbst Null, Da $x < a$, muss für jedes $x > o$, $y < p$ für jedes $x < a$ $y > o$ werden. Ich würde diese Verhältnisse nicht erwähnen, wenn sich nicht einige wichtige Folgerungen daran knüpften. Es ergibt sich nämlich aus der aufgestellten Formel eine Abhängigkeit der Tiefe des Schlafes in jedem Momente von seiner Gesammtdauer einer-, von der grössten erreichten Festigkeit andererseits in der Weise, dass sie in einem complicirten aber geraden Verhältniss zur Gesammtdauer, im directen zur grössten erreichten Festigkeit stehen; gleichsam als ob man mehr Zeit brauche, sich im gesetzmässigen Gange aus einem tieferen Schlafe zu ermuntern, als umgekehrt. Einige Beobachtungen scheinen für die Richtigkeit dieser Ansicht zu sprechen. Die Gesammtdauer des Schlafes, der durch

die Zahlen der ersten Reihe repräsentirt wird, betrug 6, die des Schlafes in der darauf folgenden Nacht 9 Stunden. Da nun nicht wohl anzunehmen ist, dass die Ermüdung, die der ersten Reihe vorausging, den Schlaf weniger tief machte, vielmehr nach allgemeiner Erfahrung, wenn man die höchsten Grade der Müdigkeit ins Auge fasst, das Umgekehrte Statt findet, habe ich oben schon die niedrigeren Werthe der ersten Reihe auf Rechnung des Bewusstseins gesetzt, nicht so lange schlafen zu dürfen, wie sonst. Immerhin könnte man hier auf die Gewöhnung an die Versuche recurriren wollen, wenn nicht andere Versuche für die Abhängigkeit der Tiefe des Schlafes von dem Willen, längere oder kürzere Zeit zu schlafen, sprächen. Zunächst sind noch einige ohne bestimmte Rücksicht auf diesen Willenseinfluss gewonnene Beobachtungen anzuführen, die die Verlängerung des Schlafes bei seiner Vertiefung beweisen. In Reihe XIV finden wir, dass in der Epoche $2^h,0$ (wie bemerkt, wahrscheinlich früher) eine Intensität von 0,2722 noch nicht zum Erwecken hinreichte, während in Reihe XV und XVI, auf deren grosse Uebereinstimmung hierin gegenüber der Reihe XIV besonderes Gewicht zu legen ist, die grösste nöthige Intensität noch nicht 0,0035 betrug (die an falscher Stelle erscheinende hohe Intensität von 0,0616 ist durch Zufälligkeiten bedingt). In der ersten Nacht betrug die gesammte Schlafdauer (6 Stunden vor dem spontanen Erwachen waren die Versuche sistirt worden) zehn, in den beiden folgenden (die Versuche waren 3 Stunden vor dem Erwachen eingestellt) wenig über sieben Stunden. An dem Individuum, dessen in dieser Nacht gerade über Gewohnheit leisen Schlaf Reihe XI repräsentirt, sind ebenso zwei hierher gehörige, wenn auch nicht vollständige, doch für unsern Zweck genügende Reihen gewonnen. In einem Schlafe, dessen Gesammtdauer 9 Stunden betrug, wurde gefunden

$0^h,5$	nach	dem	Einschlafen	eine	Festigkeit	von	0,0722
$1^h,0$	„	„	„	„	„	„	0,0833
$2^h,0$	„	„	„	„	„	„	0,0311

In einer andern, wo der Schlaf im Ganzen $11^1/_2$ Stunden dauerte:

$1^h,25$	nach	dem	Einschlafen	eine	Festigkeit	von	0,2407
$3^h,0$	„	„	„	„	„	„	0,1270
$9^h,5$	„	„	„	„	„	„	0,0100
$10^h,0$	„	„	„	„	„	„	0,0080

sämmtlich bei zunächst liegendem linken Ohre, in ruhigem Schlafe. Diese Zahlen sprechen für sich; nur darauf kann

ich aufmerksam zu machen nicht unterlassen, wie auch in diesen wenigen Resultaten der gesetzmässige Gang des Schlafes so klar sich ausspricht; ein Beweis dafür, dass wir hier in den ersten Werthen wirklich die grösste erreichte Festigkeit vor uns haben.

Wenn wir gesehen haben, dass die Alkoholintoxication den Schlaf verflacht, die gewöhnlichste Erfahrung aber lehrt, dass seine Gesammtdauer in diesem Zustand sich verlängert, so liegt hierin nur scheinbar ein Widerspruch. Denn das lange Schlafen bei solchem Zustande beruht nicht eigentlich auf einer Verlängerung der Gesammtdauer, sondern auf öfterem spontanen Erwachen und Wiedereinschlafen. In keiner dieser einzelnen Perioden, deren Summation die längere Gesammtdauer gibt, wird der Schlaf so tief wie der normale. Natürlich spreche ich auch hier nur von den leichteren Graden, wie sie mir zur Beobachtung kamen.

Ueber den Einfluss nun, welchen der feste Vorsatz, zu einer früheren, als der gewöhnlichen Stunde aufzustehen, auf die Festigkeit des Schlafes hat, konnte ich leider, durch verschiedene Umstände gehindert, nur eine einzige Versuchsreihe anstellen. Sie gewinnt aber besondere Wichtigkeit, da sie an demselben Individuum gewonnen ist, wie die acht ersten Reihen, welches mit den Versuchen völlig vertraut war und sonst öfters Gelegenheit hatte, sich im freiwilligen Frühaufstehen und zeitigerem Erwachen mit Erfolg zu üben. Der Betreffende nahm sich fest vor, recht zeitig zu erwachen und der Versuch zeigte

$0^h,5$	nach	dem	Einschlafen	eine	Festigkeit von	0,0006
$1^h,0$	„	„	„	„	„ „	0,0000.5
$1^h,5$	„	„	„	„	„ „	0,0003.7
$2^h,0$	„	„	„	„	„ „	0,0000.2

Dem Versuche Epoche $1^h,5$ war 5′ eine so heftige Bewegung und so charakteristische Aenderung im Typus des Athmens vorhergegangen, dass man ein fast vollständiges Erwachen annehmen konnte. Welcher Unterschied in diesen Zahlen gegen die der ersten acht Reihen! Während aber bei diesen die Gesammtdauer des Schlafes, mit Ausnahme der ersten, nie unter 8 Stunden betrug, war der Betreffende hier, eine Stunde nachdem ich mich aus dem Schlafzimmer entfernt hatte, bereits 3,5 Stunden nach dem Einschlafen vollständig spontan erwacht. Und auch hier, bei so geringer absoluter Intensität ist noch der gesetzmässige Gang des Schlafes und das Gesetz von der Vertiefung nach plötzlicher Verflachung nachweisbar. Zu der Beweiskraft dieses Versuches tritt ergänzend die Er-

fahrung des gewöhnlichen Lebens. Bei dem Vorsatze, zeitiger aufzustehen, wird der Schlaf unruhig, öfters unterbrochen. Das heisst doch nichts Anderes, als die Festigkeit desselben ist so gering, dass Einwirkungen, die im normalen Schlafe ohne Einfluss bleiben, hier schon hinreichen, ihn zu stören. Lange Gewöhnung scheint die Fähigkeit zur bestimmten Stunde zu erwachen, nicht früher, nicht später, zu erhöhen, wovon man an Hausfrauen, Wächtern, Bediensteten leicht Beispiele in hinreichender Anzahl sammeln kann. Von dem in der Einleitung dargelegten Standpunkt aus lässt sich dies nicht anders auffassen, als dass man dem wachen Bewusstsein, dem Willen, die Fähigkeit zuschreibt, die Vertiefung der psychophysischen Thätigkeit nicht weiter zu gestatten, als bis zu dem Punkte, von wo aus sie nach dem allgemeinen Gesetze steigend, zur gewünschten Stunde den Schwellenwerth erreicht. Wo eine lange Erfahrung (Gewöhnung) diesen Punkt genau kennen gelernt hat, ist der Schlaf zwar im Ganzen leiser, aber doch ruhig, ununterbrochen; wer ihn noch nicht kennt, lässt den Schlaf entweder nicht einmal bis zu diesem Punkte sich vertiefen und erwacht zeitiger als gewünscht (wo etwas auf das Einhalten der festgesetzten Zeit ankommt, der gewöhnlichere Fall) oder umgekehrt. Der Wille hat also einen Einfluss auf die grösste zu erreichende Festigkeit und von dieser hängt gesetzmässig die Dauer des Schlafes ab, so dass mittelbar der Wille auch auf diese einwirken kann. Wenn es eines solchen überhaupt noch bedürfte, hätte man hier einen neuen Beweis für die gegenseitige Abhängigkeit geistiger und körperlicher Zustände und Vorgänge.

Es versteht sich übrigens wohl von selbst, dass derlei Gesetze nach dem Wesen psychologisch-physiologischer Vorgänge niemals die Erfolge genau decken; als welche von den mannigfachsten, der Berechnung vollständig sich entziehenden Nebenumständen mit abhängen. In unserem Falle z. B. ist jedenfalls der Zeitpunkt des Eintretens der Maximaltiefe ebenso von Einfluss auf Festigkeit und Dauer wie noch tausend andere ungekannte Umstände. Wir müssen uns eben mit einer grösseren oder geringeren Annäherung an den richtigen Ausdruck der Thatsachen begnügen. Ist dies aber nicht mit jedem Naturgesetz der Fall?

Wichtiger ist eine andere Betrachtung, zu der das aufgestellte Gesetz Anlass gibt. Auch hier nämlich, wie überall im Gebiete der Psychophysik, macht ein logarithmisches Verhältniss sich geltend. Denn es hängt darnach die Dauer des Schlafes vom Logarithmus seiner Festigkeit in einer bestimmten

Epoche ab, wie die Empfindung vom Logarithmus der durch den Reiz ausgelösten psychophysischen Bewegung (nach ihrer lebendigen Kraft gemessen); wie wahrscheinlich alle Aenderungen geistiger Thätigkeit nicht direct von den veranlassenden Ursachen, sondern von deren Verhältniss zur schon vorhandenen geistigen Thätigkeit abhängen. Und um so mehr gewinnt diese Betrachtung an Wichtigkeit, als man auch im Gebiet der körperlichen Vorgänge, wie erwähnt, auf ähnliche Verhältnisse stösst. Dass aber der Schlaf bei seiner allmäligen Vertiefung demselben Gesetze folgt wie bei der Verflachung, also Anfangs rascher, dann langsamer und langsamer sich vertieft, so dass seine Maximaltiefe, wie alle Maxima, wahrscheinlich eine Zeit lang nahezu unverändert sich erhält, geht aus dem Umstande hervor, dass er in der ersten Stunde um viel mehr sich vertieft, als in der zweiten; wenn nicht überhaupt das Maximum schon vor Ablauf der ersten Stunde erreicht wird.

Wohl darf man nun auch dem wachen Bewusstsein eine Erhöhung und Vertiefung nach ähnlichen Gesetzen zuschreiben, wenn schon im Wachen der Abweichungen viel mehr und complicirtere sich zeigen dürften. Deutet aber nicht schon das Sprüchwort vom Golde im Mund der Morgenstunde auf uralte Erfahrung von der kurz nach dem Erwachen erreichten grössten Intensität der geistigen Kraft? Ob es freilich je gelingen wird, wie die negative so die positive Intensität des Bewusstseins nach der lebendigen Kraft der ihm unterliegenden psychophysichen Bewegungen einer directen Messung zu unterwerfen, bleibe dahingestellt.

Ueberblicken wir die erlangten Resultate, so dürfte das Wesentliche davon in folgenden Sätzen zusammenzufassen sein.

1) Die Festigkeit des Schlafes, der zum Erwecken nöthigen Schallintensität direct proportional gesetzt, ändert sich stetig mit der seit dem Einschlafen verflossenen Zeit nach einem bei aller Verschiedenheit der absoluten Festigkeit und unter den verschiedenen Umständen gleichen Gesetz; derart, dass der Schlaf Anfangs rasch, dann langsamer sich vertieft, innerhalb der ersten Stunde nach dem Einschlafen seine Maximaltiefe erreicht, von da an Anfangs rasch, dann langsamer und langsamer sich verflacht und mehrere Stunden vor dem Erwachen merklich unverändert eine sehr geringe Festigkeit behält.

2) Eine plötzliche Verflachung des Schlafes durch äussere oder innere Reize bewirkt, dass derselbe unmittelbar folgends tiefer wird, als er geworden sein würde, wenn keine Störung

eingetreten wäre. Die Grösse und die Dauer dieser Vertiefung hängt ab von der Grösse der veranlassenden Verflachung, und sie verläuft nach einem ähnlichen Gesetz wie die Festigkeit des Schlafes im Allgemeinen.

3) Zwischen der grössten erreichten Festigkeit und der Gesammtdauer des Schlafes findet ein gesetzliches Abhängigkeitsverhältniss Statt, derart, dass, je tiefer der Schlaf geworden, er desto länger dauert, je flacher er geblieben, er desto eher zum Erwachen kommt.

4) Dem wachen Bewusstsein, dem Willen, ist ein Einfluss auf die grösste zu erreichende Festigkeit und folgends auf die Gesammtdauer des Schlafes zuzusprechen.

Die beifolgende Curve stellt den Gang der Vertiefung resp. Verflachung des Schlafes in ihrer Abhängigkeit von seiner Dauer graphisch dar. Die Ordinaten, nach Zehntausendstel angenommener Schalleinheit gemessen, sind für jede halbe Stunde der Schlafdauer nach den besprochenen Principien aus den ersten acht Beobachtungsreihen berechnet und aufgetragen.

Zur Anatomie der Harnröhre.

Von

Dr. Uffelmann.

(Hierzu Tafel VII.)

Die Kenntniss von den anatomischen Verhältnissen der Harnröhre, der männlichen wie der weiblichen, ist eine noch in mehrfacher Beziehung ungenügende und ungenaue. Es gilt dies insbesondere von Dem, was wir über das Verhalten der Muskulatur dieses Organes angegeben finden. Die Zahl der Autoren, die Untersuchungen über diesen Gegenstand veröffentlichten, ist bekanntlich eine nicht geringe; doch sind ihre Angaben so sehr von einander abweichend, dass eine richtige Anschauung schwer zu erlangen ist. Darum habe ich es der Mühe werth gehalten, einige weitere Untersuchungen auf dem benannten Gebiete mit Hülfe von Präparationsmethoden zu machen, die, wie ich meine, einen Vorzug vor den bisher geübten verdienen, und ich veröffentliche hiermit das Resultat, das auch in physiologischer Beziehung wohl nicht ganz ohne Interesse ist.

Mit der Darstellung der Baues der weiblichen Harnröhre will ich den Anfang machen, weil bei ihr die Verhältnisse des kürzeren Verlaufes wegen, sowie auch durch das Fehlen der Prostata um Vieles sich einfacher gestalten. Doch ist's unumgänglich nothwendig, Einiges über die Structur des Uebergangstheiles der Blase in die Harnröhre voraufzuschicken. Denn es findet keine strenge Scheidung der Blase und der Harnröhre Statt; die Gewebstheile der ersteren gehen ohne alle Unterbrechung in die letztere über, sowohl Schleimhaut als Muskulatur.

Gleichsam das Constituens des Uebergangstheiles, des sogenannten Blasenhalses, ist der Sphincter vesicae. Er ist eine

in der Wand der Blase verlaufende Schicht glatter Muskelfasern, die zu kreisförmigen Zügen an einander gereiht, einen, die Schleimhaut der Gegend des Orificium vesicae völlig umgreifenden Ring bilden. Vorn von seinem Harnröhrenende bis zu dem in der Blasenwand liegenden Ende 7 Linien hoch, misst er hinten in derselben Richtung $9^1/_2$—10 Linien. Es kommt diese Zunahme der Höhe in der hinteren Wand auf Rechnung des oberen und des unteren Randes, indem beide die entsprechenden Ränder in der vorderen Wand um ungefähr eine Linie überragen. In der Seitenwand der Blase beträgt die Höhe 8 Linien, so dass der ganze Muskel, könnte man ihn aus der Wand der Blase herausheben, sich ausnehmen würde in seinem äusseren Contur etwa wie ein Ringknorpel, nur dass bei letzterem die vordere Höhe zu gering ausgefallen ist.

Diese Angaben der Höhe sind nach Durchschnitten frischer und gefrorner Präparate gemacht, und zwar nach macroscopischer Betrachtung.

Die Dicke des Muskels von der dem Lumen der Blase zugewandten Fläche bis zu der entgegengesetzten ist verschiepen. Nahe dem oberen oder Blasenende beträgt diese Dimension nur $1^1/_4$ Linie; weiter unten nahe dem Harnröhrenende 2—$2^1/_2$ Linien. Gegen letzteres nimmt dann, von der Stelle der grössten Dicke an, dieselbe wieder ab; hinten so, dass der Muskel mit seinem Urethralrande einen Keil bildet, dessen Spitze in der hinteren Wand der Urethra liegt; vorn weniger schroff und so, dass beide Muskelflächen in einem gegen das Orificium urethrae convexen Bogen zusammenfliessen. Es ist dies die am häufigsten vorkommende Art, wie der Sphincter urethralwärts endet. Vorn und hinten liegt dies Ende in der Wand der Harnröhre, so dass also der Sphincter vesicae auf die letztere übergreift, vorn, wie schon oben erwähnt, nicht ganz so weit wie hinten. In der vorderen Wand der Urethra grenzt der Rand des Sphincter unmittelbar an die animalische Musculatur. Hier ist der Blasenschliessmuskel auf einer Strecke circa $^3/_4$ Linien hinter seinem convexen Rand schwächer, als weiter nach der Blase zu. Es liegen nämlich die Bündel der glatten Fasern nicht so dichtgedrängt, sind kleiner von Umfang, und zwischen ihnen findet sich viel lockeres, mit elastischen Fasern vermengtes Bindegewebe. Eine Unterbrechung des Schliessmuskels findet jedoch an keiner Stelle Statt. Gerade dieser etwas schwächeren Stelle entspricht der Lage nach eine Partie glatter Muskelfasern, die sich weiter vom Lumen des Canales entfernt vorfindet (s. Fig. VI). Sie ist vom eigentlichen Sphincter

vesicae völlig isolirt durch die Faserzüge des sogenannten Detrusor urinae und liegt somit zwischen letzterem und der, die Vorderwand der Urethra deckenden Fascie. Die Richtung der Faserzüge in der fraglichen Partie ist eine den Zügen des Sphincter vesicae parallele; doch sind sie nicht circulär, sondern verlieren sich schon seitwärts in der tiefer liegenden Muskulatur, nur einzelne Faserzüge lassen sich, von der Seite in leichten Bogen auf die Blase laufend, verfolgen. Der Urethralrand des Sphincter vesicae in der hinteren Wand der Urethra hat, wie erwähnt, die Form eines Keiles. Die Spitze, im Gewebe des Urethra liegend, stösst nicht wie der Rand des Sphincter in der vorderen Wand, auf die Schicht der quergestreiften Muskelfasern, sondern letztere liegt neben, d. h. vaginalwärts von dem Keile, und dieser geht nach dem Orificium urethrae zu in die Schicht organischer Muskelfasern über, welche in der Harnröhrenwand zwischen animalischer Muskulatur und Venenschicht liegt. Das ist das Harnröhrenende des Muskels. Sein Blasenende ist wenig gegen die übrige Muskulatur der Blase abgegrenzt; daher die Angaben über die Höhe des Muskels immer nur annähernd sind.

Was die Flächen des Blasenschliessmuskels anbetrifft, so unterscheidet man selbstverständlich eine innere, dem Lumen der Blase zugewandte, und eine äussere oder Beckenfläche. Man hat angenommen, dass die innere Fläche der Schleimhaut anliege, ähnlich wie am Tractus intestinalis die Ringfaserschicht die innere ist. So sagt Kohlrausch*): „In der Wand der Harnblase lässt er (der Sphincter vesicae) sich, zunächst der Schleimhaut, weiter verfolgen, indem man das Stratum an der Lagerung querdurchschnittener Bündel erkennt u. s. w. Die mehr an der Aussenfläche der Blase verlaufenden Muskelbündel, welche im Allgemeinen mehr die Richtung vom Scheitel gegen das Orificium haben (der sogenannte Detrusor), zeigen sich an der vordern und hintern Wand, indem sie dem Orificium näher rücken, auf dem Durchschnitte als deutliche Schicht longitudinaler Fasern, die immer deutlicher und schärfer entwickelt hervortreten und sich schliesslich pinselförmig ausgebreitet grösstentheils zwischen die Fasern des Sphincter verlieren.“ Aehnlich sprechen sich die meisten anderen Autoren aus. Abweichend von ihnen beschreibt Barkow**) die Muskulatur der Blase, indem er im Allgemeinen drei Schichten annimmt, eine äussere verticalfaserige, den Detrusor

*) Zur Anatomie und Physiologie der Beckenorgane. Leipz. 1854. S. 14.
**) Anatom. Untersuch. über die Harnblase des Menschen. Bresl. 1858.

urinae, eine mittlere kreisförmige, die aber Nichts mit dem Sphincter zu thun hat, und eine innere netzförmige, welche letztere Schicht, wenigstens vorne, längs der ganzen Höhe der Blase, also auch in der Gegend des uns hier interessirenden Uebergangstheiles, gefunden wird. — Nach meinen Untersuchungen sind die Lagenverhältnisse folgende: Unzweifelhaft an der ganzen vorderen Fläche der Blase liegt dem Sphincter vesicae nach innen zu eine deutliche Längsschicht von Bündeln glatter Muskelfasern an, von Bündeln, an die sich in weiterem Verlaufe die organische Muskulatur der vorderen Harnröhrenwand unmittelbar anschliesst. Sie ist, ich will dies im Voraus bemerken, nicht verwechselt mit einer Lage von Zügen glatter Muskelfasern, die sich in der Mucosa der Blase findet, und im Wesentlichen auch aus längslaufenden Bündelchen besteht. Diese eben erwähnte Lage ist Schleimhautmuskulatur, doch nicht, wie im Verdauungstractus, eine völlig in sich, als Muskelschicht, zusammenhängende Lage, sondern ist eher eine Bindegewebsschicht mit untermengten Bündeln glatter Muskelfasern. Diese Bündel sind äusserst zart und schmal, werden aber leicht erkannt bei Zusatz von Acidum nitricum 20 %, und sehr schön bei feinen Schnitten von Präparaten, die gekocht, dann gehärtet wurden. Salpetersäure zerlegt die Bündel in die bekannten Faserzellen von 0,02''' Länge und von 0,003''' Breite. Die Bündel liegen in dem an elastischen Fasern reichen Bindegewebe, zwischen der eigentlichen Mucosa und der äusseren Muskulatur der Blase. Am Trigonum vesicae beschreibt Kölliker*) eine Mucosenmuskulatur als Längsschicht, die Viner Ellis**) als submucöse Muskelschicht der Blase benannt hat. Ich fand sie im ganzen Bereiche des Sphincter vesicae und auch an anderen Partien der Blase. Einigemale habe ich sie vergeblich gesucht, obschon ich dieselbe Präparationsmethode angewandt hatte.

Abgesehen nun von dieser Schleimhautmuskulatur, findet sich, wie gesagt, an der dem Lumen der Blase zugewandten Fläche des Sphincter vesicae, unzweifelhaft vorn, noch eine Schicht von Zügen glatter Muskelfasern, die sich mit denen des Sphincter rechtwinklig kreuzen. Man sieht bei Schnitten, die den Sphincter quer trafen, an seiner Innenfläche Längszüge, und umgekehrt bei Schnitten, die parallel den Zügen des Sphincter geführt waren, an der Innenfläche desselben quergetroffene, die von den gleichfalls quergetroffenen, der Mu-

*) Handbuch der Gewebelehre des Menschen. 3. Aufl. S. 505.
**) Med.-chirurg. Transactions. S. 327.

cosa angehörigen, noch durch reichliches Bindegewebe getrennt sind, selbst aber an den Sphincter durch sparsames Bindegewebe innig sich anheften. — Auch seitlich finden sich diese inneren Längsfaserzüge, hinten sah ich sie äusserst selten. Vgl. Fig. VI.

Eine weit beträchtlichere Lage von rechtwinklig sich mit ihm kreuzenden Faserzügen glatter Muskulatur hat der Sphincter an seiner ganzen Beckenfläche. Durch nicht sehr lockeres Zellgewebe an die circuläre Schicht geheftet, lassen sie sich über das Harnröhrenende des Sphincter hinaus verfolgen. Vorn greifen sie dann weit auf die Urethra über, gehen über die Schicht animalischer Muskelfasern weg, zum Theil, wie wir später sehen werden, zwischen die Bündel dieser letztgenannten Lage eingreifend, zum Theil am Lig. pubovesicale medium und an dem Bindegewebe endigend, das reichlich und locker die Venen auf der Vorderwand der Harnröhre umgibt. Sie bleiben entweder auf der Seite, auf welcher sie in der Blasenwand lagern, oder sie gehen oberhalb der Bündel quergestreifter Muskelfasern auf die entgegengesetzte Seite über und erst nach diesem Verlaufe an das Ligam. pubovesicale med. und das eben erwähnte lockere Bindegewebe. Ein Theil der Züge der Längsmuskulatur geht von der vorderen Blasenwand oberhalb der Urethra an die Beckenfläche der Symphysis ossium pubis. Es ist dies der M. pubo-vesicalis.

Die eben beschriebenen Züge gehören also sämmtlich der oberflächlichen Längsmuskulatur in der vorderen Wand der Blase an, jener Längsmuskulatur, die man als Detrusor urinae beschrieben hat. Sie ziehen zwischen Sphincter vesicae und der oben erwähnten Portion transversal verlaufender organischer Muskelfasern (s. Fig. VI.) durch, die sich am Uebergange der Blase und der Harnröhre findet. Ueberall nun, wo diese oberflächlichen, der Beckenfläche des Sphincter in der vorderen Blasenwand anliegenden Längszüge an ihm vorbeistreichen, senden sie in ihn bald mehr, bald weniger starke Bündel hinein. Sparsam und wohl auch nicht constant finden die letzteren sich am oberen oder Blasenrande des Sphincter. Wenn ich dies sage, so stimme ich damit nicht Kohlrausch*) bei, der angibt, dass nur im Harnröhrenrande des Sphincter der sogenannte Detrusor, hier aber pinselförmig, sich ausbreitet. Man muss sich sehr hüten, alle breiteren Septa des Sphincter für muskulös zu halten; es ist dies nur bei einem relativ kleinen Theile der Fall. Die Untersuchung mit dem Mikroskope macht die Unterscheidung leicht, ist aber dazu auch unerläss-

*) A. a. O. S. 14 und Abbildung 1.

lich. Die Zweige senken sich in mässiger Zahl in den Sphincter, mehr in den Urethralrand und in die Mitte, als in den Blasenrand, und verlieren sich im Bindegewebe, das mit reichlichen elastischen Fasern gemengt, ein grösseres tertiäres Bündel von dem andern trennt (s. Fig. VI.). Sehr sparsam sind die Züge, welche die oberhalb der Urethra verlaufende Fortsetzung der Längsmuskulatur zwischen die Bündel animalischer Muskelfasern sendet.

Bis dahin habe ich nur von der oberflächlichen, äusseren Partie des Längsmuskels in der Vorderwand der Blase und von den Zügen gesprochen, die von dieser oberflächlichen Längsmuskulatur in den Sphincter sich erstrecken — ich darf nicht unerwähnt lassen, dass ebenfalls von der inneren, oder tieferen Längsmuskulatur solche Septa ausgehen und dass ab und zu die von der oberflächlichen und tiefen Schicht ausgehenden Züge zwischen den Bündeln des Blasenschliessmuskels sich die Hand reichen. In der hinteren Wand ist das Verhalten der Längsfaserschicht zu der circulären ein anderes. Im Allgemeinen kann man sagen, dass beide Schichten hier sich viel inniger mit einander verweben. Fast die ganze Längsfaserschicht, die hier in der Regel nur eine oberflächliche, d. h. der Vaginalwand anliegende ist, geht zwischen die Bündel des Sphincter ein, indem sie lange und längslaufende Septa bildet, die kleinere Septa unter rechtem Winkel von sich abgehen lassen. Nur die der Mucosa allernächsten Bündel des Sphincter werden nicht durch muskulöse Septa getrennt. — Indem nun die Längsfaserzüge die genannten Septa bilden und die Bündel des Schliessmuskels zwischen sich fassen, treffen sie in der Gegend des Orificium vesicae auf die animalische Muskulatur, und zwar auf die Längsfaserzüge derselben; wir kommen hierauf weiter zurück. Die organische Muskulatur verliert sich dann allmälig zwischen den Bündeln der quergestreiften und in der oberflächlichen Lage der Vagina, reicht aber nur eine kurze Strecke über den Urethralrand des Sphincter vesicae hinaus.

Dies habe ich der eigentlichen Beschreibung der Urethra vorausschicken wollen; es ist ersichtlich, dass in diese Darstellung einzelne Punkte nicht sind aufgenommen worden. Es sind solche, die ich als bekannt voraussetzen konnte — so die Structur des Trigonum vesicae — und habe sie um so mehr hier nicht erwähnt, als ich nichts Neues hinzuzufügen hatte. Nur einige physiologische Bemerkungen seien mir noch erlaubt. Der Sphincter vesicae verschliesst die Blase gegen die Harnröhre durch seine Elasticität, oder durch seinen Tonus.

Für die erstere Art der Wirkung sprechen die Experimente, die vor einigen Jahren von L. Rosenthal*) und von Wittich**) angestellt wurden, für die zweite aber die von Heidenhain und Colberg***). Ich selbst habe, wie ich in Kürze erwähnen will, Versuche, freilich nicht sehr zahlreiche, an männlichen und weiblichen Kaninchen angestellt, und zwar nach der Methode, wie die beiden letztgenannten Autoren sie als die mehr sichere beschrieben. Das Thier wurde aetherisirt — ich will das Verfahren nur kurz angeben — der eine Urether unterbunden und ein Druckmesser in das Ende des anderen eingeführt. Die eingelassene Flüssigkeit war menschlicher Urin, sehr frisch und von einer Temperatur, die zwischen 38—39 ⁰ Celsus schwankte; ich glaube, dass auf diese Punkte bei den Versuchen sehr genau muss Acht gegeben werden. Ging ich mit dem langsamen und vorsichtigen Einlassen der Flüssigkeit bis über die reale Druckhöhe von durchschnittlich 330 Mm. — das Geschlecht machte keinen grossen Unterschied — so floss aus der Urethra der Urin sogleich aus. Dies hörte dann auf und kehrte nicht wieder, so lange das Thier aetherisirt war. Bei einem einzigen Versuche trat nach dem ersten Abtröpfeln dasselbe in unbestimmten Intervallen wieder auf; doch war hier die Narcose wahrscheinlich nicht vollständig. Waren die Kaninchen durch Anschneiden der Carotis getödtet, so fand ein meist ganz langsames und allmäliges Ausfliessen des Urins Statt. Doch entleerte sich die Blase nicht ganz, es blieb ein gewisses Quantum zurück, das einer durchschnittlichen Druckhöhe von 70 Mm. entsprach. Ueber 100 Mm. habe ich sie nicht notirt, auch nicht bei männlichen Kaninchen. Das Minimum war eine Druckhöhe von 50 Mm. Wurde die Blase dann entleert und langsam gefüllt, so ging die Druckhöhe wieder nur bis zum Durchschnittssatze von 70 Mm. Ging der Druck darüber hinaus, so fing gleich das Ausfliessen des Urins an, und hielt wieder auf, wenn jene Höhe von 70 Mm. erreicht war.

Die Resultate meiner Versuche stimmen ganz mit denen Heidenhain's und Colberg's, sowie denen Sauer's†) überein; nur weichen die Angaben der Druckhöhe von einander ab. Ich kann freilich nur auf fünf Versuche mich berufen, glaube aber, dass es immerhin nicht ganz ohne Werth ist,

---

*) De tono cum musculorum, tum eo inprimis, qui Sphincterum tonus vocatur.

**) Königsb. med. Jahrbücher. Bd. II. Heft 1. S. 12.

***) Archiv für Anatomie und Physiologie. 1858.

†) Archiv für Anatomie. 1861.

sie anzuführen. Die grössere Druckhöhe, die ich während der Aetherisation notirte, ist vielleicht darauf zu setzen, dass ich statt warmen Wassers menschlichen Urin einliess.

Während der Aetherisation war das Maximum des Druckes

1.	bei	einem	männlichen	ausgewachsenen	Kaninchen	365	Mm.
2.	„	„	„	„	„	350	„
3.	„	„	weiblichen	„	„	290	„
4.	„	„	„	„	„	345	„
5.	„	„	„	„	„	310	„

Nach dem Tode betrug die Druckhöhe

bei	1	95	Mm.
„	2	50	„
„	3	75	„
„	4	70	„
„	5	62	„

Aus diesen Experimenten ziehe ich nun den Schluss, dass der Sphincter vesicae in einer während des Lebens stetigen, nicht willkürlichen Contraction ist, und dass die Elasticität des Muskels zum Mindesten nicht das wesentlich Verschliessende ist. Die Function des Blasenschliessmuskels liegt in seinem Tonus, die Rolle eines willkürlichen Spincter übernimmt die später zu beschreibende animalische Muskulatur der Harnröhre. Am Mastdarm wie an den harnableitenden Wegen finden wir einen organischen und einen animalischen Sphincter. Wenn der erstere überwunden zu werden droht und zu seiner Unterstützung dann der zweite mit verwandt wird, dann erst wird unser Geist die Gefahr durch das Muskelgefühl erfahren. Urin- und Faecaldrang ist bedingt durch die Anlage eines animalischen Schliessmuskels, dessen weiterer physiologischer Werth dann darin liegt, dass wir durch ihn den Widerstand, der den andrängenden Massen entgegenzusetzen ist, willkürlich bis zu einem hohen Grade steigern können.

Jeder Sphincter hat aber seinen Antagonisten, seinen Dilatator. Für den Blasenschliessmuskel sind dies die Längsmuskelzüge, die den circulären innen und aussen anliegen, und auch die Züge, die zwischen die Sphincterenbündel eindringen. Die Verbindung der Längsfaserzüge mit den kreisförmigen ist eine derartige, dass man ihnen zunächst keine andere Bedeutung zusprechen wird, als den Sphincter im ganzen Umfange abzuziehen vom Orificium vesicae. Damit ist denn die Wirkung derselben freilich noch nicht erschöpft, zumal nicht der Züge, die von der vorderen Blasenwand auf die Harnröhre übergehen.

Nach dieser kurzen, aber wohl gerechtfertigten Abschweifung auf das Gebiet der Physiologie gehe ich zur Beschreibung der weiblichen Harnröhre über.

Sie liegt auf der Vorderwand der Vagina, zwischen dieser einerseits und dem Ligamentum pubovesicale medium, der Symphysis ossium pubis und dem Ligamentum arcuatum pubis Henle, sowie der Clitoris andererseits. Ihr oberes Ende am Orificium vesicae liegt ungefähr 8 Linien oberhalb und nach hinten vom unteren Rande der Symphysis ossium pubis und auf einer Geraden, die man von eben diesem Rande zur Verbindung des dritten mit dem vierten Sacralwirbel zieht. Ihr unteres Ende am Orificium urethrae liegt in der Mitte des Vestibulum, hinter der Glans clitoridis, nach hinten und unten vom unteren Rande der Symphyse, und vier Linien von demselben entfernt, genau fünf Linien unterhalb einer Linie, die das Ligamentum arcuatum pubis Henle mit der Steissbeinspitze verbindet. Bei normaler Körperstellung und ganz richtiger Beckenneigung liegt das Orificium urethrae höher, das heisst dem Nabel näher, als das Orificium ani.

Die Länge zwischen den beiden Enden der Harnröhre wird einigermaasen verschieden angegeben. So sagt Krause*), sie sei $1^1/_2$ Zoll, Pétréquin**), sie sei 12—15 Linien lang. Mit letzterem stimmen Bardeleben***) und Barkow†) überein. Hyrtl††) dagegen gibt die Länge zu 12—20 Linien und Kohlrausch†††) dieselbe nur zu 12 Linien an. Das Abweichende der Angaben lässt sich, da Schwankungen nur unbedeutend sind, allein aus der verschiedenen Präparationsmethode erklären. Ich nahm das Maass an frischen, nicht in Alkohol oder in anderen Medien erhärteten Präparaten. Zum Behuf der Messung liess ich die Harnröhre mit der Blase und den übrigen Beckenorganen ganz in ihrer Lage, öffnete dann die Blase, merkte die Stelle des Anfangs der Urethra an und spaltete die Harnröhrenscheidenwand in ihrer ganzen Ausdehnung. So fand ich die Urethra einer Erwachsenen fast constant $1^1/_4$ Zoll lang.

Die Richtung, in der die Harnröhre verläuft, geht im Allgemeinen von hinten und oben nach unten und vorn. Sie

---

*) Handbuch der menschlichen Anatomie. 2. Aufl. S. 664.

**) Lehrbuch der med.-chir. und topogr. Anatomie, übersetzt von v. Gorup-Besanez. S. 305.

***) Lehrbuch der Chirurgie. Bd. XI. S. 3.

†) A. a. O.

††) Topogr. Anatomie. S. 197.

†††) A. a. O. S. 27.

verläuft, wie man überall angegeben findet, fast gerade, in einem leichten Bogen, dessen Concavität nach der Schambeinsymphyse hinsieht. Allerdings macht sie einen solchen Bogen, aber sie macht auch noch einen zweiten. Der erste liegt zwischen dem Orificium vesicae und der Mitte der Urethra; der zweite liegt zwischen der Mitte und dem Orificium urethrae. Seine Convexität sieht nach dem Ligamentum arcuatum pubis und der Clitoris hin, und sein Radius ist ein kleinerer, als der des ersten Bogens. Somit macht die Harnröhre in der That eine S-förmige Biegung, wie dies auf genau und sorgfältig ausgeführten Mediandurchschnitten gefrorner Präparate, bei denen in der Lage der einzelnen Theile Nichts war geändert worden, sehr schön zu sehen ist. Ich muss diese Krümmung nach meinen Untersuchungen für ungemein constant erklären.

Von einer Weite der Harnröhre zu reden, ist durchaus ungerechtfertigt. Dieselbe hat kein Lumen, ausser, wenn sie erweitert wird. Die Wände berühren sich demnach unmittelbar, doch nicht überall in gleicher Weise. Auf Querschnitten, die man an gefrorenen, oder in Weingeist erhärteten Präparaten macht, auf solchen sieht man, dass nahe hinter dem Orificium urethrae die Wände der letzteren einen medianen, verticalen, ungefähr zwei Linien an Höhe messenden Spalt begrenzen. In der Nähe des in der vorderen Wand liegenden Spaltwinkels finden sich meist noch zwei kleine seitliche Spältchen, eines rechts und eines links. Sehr seichte Einkerbungen zeigen beide Spaltränder an verschiedenen nicht constanten Stellen. Vergl. Fig. I.

Ungefähr fünf Linien hinter dem Orificium urethrae sieht man auf einem Querschnitte keinen verticalen Spalt, sondern inmitten der die Harnröhre zusammensetzenden Weichtheile eine Sternfigur, das heist mehrere radienartig, in Form der Strahlen eines Sternes gegen einen Mittelpunkt zusammenlaufende Spalten. Die letzteren sind nicht gleichmässig und demnach die Sternfigur keine ganz regelmässige. Vergl. Fig. II.

Sieben Linien hinter der Harnröhrenöffnung erscheint an Stelle der Sternfigur ein Querspalt in einer Ausdehnung von reichlich zwei Linien; leichte Einkerbungen finden sich in beiden Spaltwinkeln und ebenso an dem der hinteren Wand angehörenden Spaltrande. Einen ähnlichen und nur durch den Sitz der Einkerbungen etwas variirenden Querspalt hat man auf allen Querschnitten, die den weiter zur Blase hin liegenden Theil der Harnröhre trafen. Ein gleicher Schnitt durch die Weichtheile, die das Orificium vesicae umgeben, zeigt einen

Spalt, der die Form eines nach hinten, das heisst vaginalwärts offenen und an seinem Scheitelpunkte etwas abgerundeten Winkels hat. Dasselbe Bild erhält man auch, wenn man bei geöffneter Blase auf das Orificium derselben hinsieht. Vergl. Fig. III.

Spaltet man die vordere Wand der Urethra in ihrer ganzen Länge und Dicke, so breitet sich, wenn man die beiden Seitenhälften auseinanderlegt, eine Schleimhautfläche aus, welche die Gestalt einer von der Seite her gesehenen Sanduhr hat. In der Mitte ist eine Verschmälerung und nach den beiden Enden zu eine Verbreiterung des Feldes. Auf der Schleimhaut zeigen sich, wenn man Zerrung und Dehnung nicht zu weit treibt, einige bald mehr, bald weniger vorspringende Falten. Ein Faltenwulst zieht sich vom Trigonum vesicae an der hinteren Wand der Urethra entlang und erstreckt sich bis $4^1/_2$ Linien vorwärts, in der Blase breit beginnend, in der Harnröhre spitz endend. Seitliche Falten finden sich nahe hinter dem Orificium urethrae; zwischen ihnen besonders sind eine grosse Reihe von Schleimhauteinsackungen, ein Recessus hinter dem anderen, bald gross, bald klein, bald seicht, bald tief. Einsenkungen der Mucosa von Grübchenform zeigt, obschon im Allgemeinen weniger zahlreich, fast der ganze weitere Verlauf der Urethra. In der Regel ist ihr Umfang um so grösser, je näher sie dem Orificium urethrae stehen; doch werden Ausnahmen nicht so selten gefunden. Ihrer Structur nach sind diese Recessus weiter nichts, als Ausstülpungen der Mucosa, die wahrscheinlich beim Durchpassiren des Urins durch die Harnröhre vollständig verstrichen werden. Von drüsigem Gewebe konnte ich nie etwas wahrnehmen. Nur in der Nähe der Blase, in der Gegend des oben erwähnten Faltenwulstes, sieht man auf der Schleimhautoberfläche kleine Oeffnungen, die in bald mehr, bald weniger grosse traubige Drüsen hineinleiten. Dieselben sind mit Cylinderepithelium ausgekleidet und enthalten einen glasigen Schleim, der bei Zusatz von Acid. acet. fadenziehend wird. Manchmal habe ich sie vergebens gesucht und oft sie sehr spärlich gefunden. Im angrenzenden Theile der Blase sollen sich nach einigen Autoren*) gleichfalls Schleimdrüsen auffinden lassen; ich habe darnach gesucht, sie aber nicht gesehen.

Das äussere Ansehen der Schleimhaut ist ein glattes, die Farbe eine blassröthliche. Nahe hinter dem Orificium externum ist das Epithelium ein geschichtetes Pflasterepithelium;

*) Frey, Histologie und Histochemie. S. 537.

weiter nach der Blase zu verhält es sich, wie das der Blase, das heisst oberflächlich liegen Pflasterepithelzellen, darunter cylindrische oder conische, selbst ganz rundliche. An diese schliesst sich das Gewebe der Mucosa. Dasselbe besteht aus Bindegewebe, mit elastischen Fasern vermengt. Grössere Anhäufungen conglobirter Drüsenmasse fand ich nur ein einziges Mal bei einem zehnjährigen, an Tabes mesaraica verstorbenen Mädchen. Die Darstellung der Gruppen von Körperchen gelang leicht durch Behandlung feiner Schnitte mit Essigsäure.

Auf die Mucosa folgt die Venenschicht. Sie besteht aus einem lockeren, mit zarten elastischen Fasern vermengten Bindegewebe, in welchem sich ein sehr ausgebildetes Venennetz vorfindet. Die Richtung, in der die meisten Venen verlaufen, ist die der Längsaxe des Canales parallele. Doch gibt es eine Menge von queren und verticalen Anastomosen. Diese Schicht enthält keine muskulösen Elemente, ausser an ihrer der Axe der Urethra abgewandten Partie, in welche sich hie und da organische Muskelzüge der folgenden Schicht einsenken. Die Dicke der Venenschicht ist nach dem Orte verschieden. Vorn, in der Nähe des Orificium urethrae, ist sie sehr entwickelt. Hauptsächlich auf ihre Rechnung kommt es, dass in der vorderen Wand der Urethra die Grenzlinie zwischen animalischer Muskulatur und den tieferen Schichten, die stets mit blossem Auge auf Längsschnitten deutlich zu sehen ist, sich um so mehr, je weiter nach der äusseren Oeffnung zu, von der Axe der Harnröhre abhebt. Vergl. Fig. VI. In der hinteren Wand bleibt sich die Dicke der Venenschicht fast überall gleich.

Die genannten Lagen, Epithelium, Mucosa propria und Venenschicht gehen ein in die Bildung der vorhin beschriebenen Falten. Einmal sah ich an der Urethra einer an hochgradigem Malum cordis verstorbenen Frau von 42 Jahren in diesen Falten, die sehr ausgebreitet waren und eine intensiv blaue Farbe hatten, eine grosse Menge von varikösen Venen und Blutextravasaten in dem lockeren Bindegewebe, das rings um die Venen liegt — ein den inneren Hämorrhoiden des Rectum ganz analoges Verhalten. — An den Falten sieht man, wenn auch nicht immer, so doch ziemlich häufig, feine, zottenartige Fortsätze, die schon mit blossem Auge, oder doch bei schwacher Vergrösserung gesehen werden können. Sie enthalten eine, oder mehrere Gefässschlingen, in Bindegewebe eingebettet; das die Zotten überkleidende Epithelium fehlt mitunter ganz, oder zum Theil.

Auf die Venenschicht folgt eine Lage, die glattes Muskelgewebe führt. Sie umgreift den von Tunica mucosa propria und Venenschicht gebildeten Cylinder in Form eines Mantels, doch derartig, dass der dem Orificium urethrae nächste Theil des Cylinders unbedeckt bleibt. Die gegen diese Strecke der Harnröhe allmälig abnehmenden Muskelzüge verschwinden dort zuletzt ganz, um der sich sehr verdickenden Venenschicht Platz zu machen. Der erwähnte Mantel zerfällt in eine innere längsfaserige und äussere circuläre Schicht. Beide sind ziemlich von einander isolirt, doch gibt es Partien, wo sie in einander verschwimmen, wo Längsfaserzüge sich zwischen die der Ringfaserschicht einschieben und umgekehrt.

Die innere Schicht besteht aus wenig umfangreichen Bündeln glatter Muskelfasern und aus isolirten Faserzellen, die in einer der Längsaxe der Harnröhre parallelen Richtung in einem Stroma verlaufen, welches aus gleichfalls längsziehenden Bindegewebsbündeln und elastischen Fasern besteht. Die Muskulatur ist im Verhältniss zum Stroma nicht sehr stark zu nennen, ist aber keineswegs unbedeutend. Sie entgeht überall dem Auge nicht, am wenigsten bei der Behandlung feiner Schnitte mit Acidum nitr. 20 %, oder mit Liquor Kali caust. 35 %. Besonders schön sieht man die Muskulatur an Schnitten von Präparaten, die erst gekocht und dann gehärtet wurden. Die Muskelfaserzellen haben eine durchschnittliche Länge von 0,025‴, eine Breite von 0,004‴. Sie sind nur zu kleinen Bündeln gruppirt. Die Dicke der ganzen Schicht beträgt durchschnittlich $^1/_3$ Linie. Sie zieht sich um die tiefer liegende Venenschicht ziemlich gleichmässig herum; in der hinteren Wand ist sie stellenweise schwächer entwickelt. Die Abgrenzung gegen dieselbe ist, wie schon erwähnt, keine ganz schroffe, daher die obige Angabe der Dickendimension immerhin nur eine annähernde sein kann. Die äussere Grenze ist nicht so unbestimmt, wenn schon sie nicht überall genau anzugeben ist.

Die circuläre Schicht glatter Muskelfasern liegt mitten zwischen Längsfaserschicht und der animalischen Muskulatur, in beide zum Theil eingreifend und eine an den meisten Stellen völlig ringförmige Lage bildend. Ihre Dicke ist durchweg geringer, als die der Längsfaserschicht; sie beträgt im Durchnitt nicht mehr als $^1/_5$ Linie. In der hinteren Wand ist diese Dimension schwer zu bestimmen, weil hier eine genaue Definirung der Grenze nach aussen hin sich kaum ermöglicht. Was übrigens die circuläre Schicht durch geringere Dicke ihrer selbst gegen die längsfaserige verliert, das wird ihr wieder durch das stärkere Entwickeltsein der Muskulatur

im Verhältnisse zum Stroma ersetzt. Es liegen nämlich auch hier die Bündel glatter Muskelfasern in einem mit elastischen Fasern gemengten Bindegewebe, aber sie liegen dichter gedrängt und sind zum Theil auch umfangreicher. — An der äusseren Grenze greifen sie hie und da in die folgende Schicht ein und legen sich dann oft genau und innig an Bündel quergestreifter Muskelfasern an.

Es hat mich befremdet, bei Luschka*) die Angabe gefunden zu haben, dass die Cirkelschicht organischer Muskelfasern das Hauptconstituens der Harnröhrenwand sei. Es sagt in Betreff dieses Punktes der genannte Autor: „Das mächtige Fasergewebe, welches die Schleimhaut der Harnröhre umgibt, besteht vorzugsweise aus kreisförmig angeordneten Zügen organischer Muskelfasern, die in einem, an elastischen Elementen überaus reichen Zellstoffe eingelagert sind, der überdies noch von einem dichten Venennetze durchzogen wird.“

Dass der die Schleimhaut umgebende Mantel, das von Luschka erwähnte Fasergewebe, vorzugsweise aus circulären Zügen glatter Muskelfasern besteht, kann ich nicht zugeben. Wie aus meiner Beschreibung hervorgeht, ist dies Fasergewebe in drei Schichten zu zerlegen, in die Venenschicht und in die innere und äussere Lage organischen Muskelgewebes. Die innere oder Längsfaserschicht ist von Luschka gar nicht erwähnt und ist doch immerhin ziemlich bedeutend.

Auf die äussere Lage glatter Muskelfasern folgt die der animalischen Muskulatur. Wenn ich bei der Darstellung derselben etwas weitläufiger werde, so hat dies seinen Grund darin, dass die Verhältnisse in der That nicht so einfach sind, wie man sie manchmal dargestellt hat, andererseits aber auch darin, dass hierbei eine Reihe von Ansichten mit berücksichtigt werden müssen, die von früheren Autoren aufgestellt worden sind. Auf diese, wie schon zu Anfang erwähnt, mehrfach von einander abweichenden Angaben eingehend, will ich zunächst der Ansicht gedenken, die der weiblichen Harnröhre eine ganz analoge Muskulatur zuschreibt, wie sie an der Pars membranacea der männlichen sich vorfindet. So sagt Kohlrausch**): „Der willkürliche Sphincter urethrae liegt vom Sphincter vesicae nach vorn und unten in der Art, wie die der weiblichen Harnröhre entsprechende Pars membranacea des Mannes versorgt ist.“ Auch Hyrtl***) gibt an, dass die

---

*) Die Muskulatur am Boden des weiblichen Beckens. 1861. S. 19.
**) A. a. O. S. 27.
***) Topogr. Anatomie. Bd. II. S. 197.

weibliche Urethra dieselben willkürlichen Muskeln habe, wie die benannte Strecke der männlichen. Huschke*) und Krause**) sind derselben Ansicht, und letzterer macht noch die genauere Angabe, dass der Anfangstheil der Harnröhre zwischen den Mm. pubourethrales von dem Stratum circulare musculare umgeben und von dem M. urethralis transversus oberwärts und zu beiden Seiten umfasst werde, während die Wände der Urethra im weiteren Verlaufe aus der Schleimhaut und einer dichten Zellstoffschicht beständen.

Mit dieser Auffassung der Autoren kann ich, wie aus der folgenden Beschreibung hervorgehen wird, nicht übereinstimmen und muss darin Luschka***) vollkommen Recht geben, wenn er sich gegen die Analogie der Muskulatur an der männlichen und weiblichen Harnröhre erklärt.

Was den letztgenannten Autor betrifft, so spricht er zunächst der Urethra muliebris nur eine sehr unbedeutende Muskulatur zu. Er leugnet jedes Stratum circulare und behauptet, dass animalische Muskelfasern sich nur in der vorderen Wand und in den Seitentheilen finden, während die hintere Wand derselben entbehre. Ein Stratum horizontale seu transversum inferius existirt nach ihm nicht. Ausserdem leugnet er beim Weibe den M. pubo-urethralis, den sogannten Wilson'schen Muskel, dessen Vorkommen Krause†) ausdrücklich erwähnt und von dem auch Bardeleben††) sagt, dass er da die Harnröhre umfasse, wo sie die Fascia perinaei durchbohre. Während so Luschka der weiblichen Harnröhre eine Reihe von Muskelpartien abspricht, die ihr nach anderen Autoren zukommen, beschreibt er einen neuen Muskel, den Sphincter vaginae, oder den Constrictor cunni profundus, der über die obere Wand des vorderen Theiles der Harnröhre wegläuft und bei seiner Contraction dieselbe gegen die Scheide andrückt.

Diesen Angaben Luschka's kann ich nur zum Theil beitreten. Dass die willkürliche Muskulatur der weiblichen Urethra so unbedeutend ist, habe ich nicht gefunden. Dass sie nicht sehr stark entwickelt ist, ist eben so wahr, wie die Thatsache, dass Frauen den Urin nicht so lange zurückzuhalten vermögen, wie Männer, aber damit ist die Muskulatur noch nicht unbedeutend. Sodann muss ich für gewisse Strecken

*) Lehre von den Eingeweiden. S. 342.
**) A. a. O. S. 664.
***) A. a. O. S. 17 ff.
†) A. a. O. S. 664.
††) A. a. O. Bd. XI. S. 3

der Harnröhre die Existenz eines völlig kreisförmigen Muskelstratum wahren. Was ich in Folgendem angebe, stützt sich auf eine verhältnissmässig grosse Anzahl von Untersuchungen. Es ist nicht ganz leicht, die einigermaassen verwickelten Verhältnisse zu lösen und aufzuhellen. Eines ist aber gewiss dazu unerlässlich, das ist der Gebrauch des Mikroskopes. Hier, wo die Muskulatur, wenigstens, wie sich zeigen wird, an einzelnen Stellen, nicht stark entwickelt ist, erscheint es durchaus unerlässlich, Linie für Linie auch mikroskopisch zu untersuchen. Das blosse makroskopische Betrachten, selbst feiner Durchschnitte, ist sehr trügerisch. Vergl. Fig. II.

Nach dem, was ich gefunden, verhält sich nun die animalische Muskulatur der weiblichen Harnröhre folgendermassen: Die Muskulatur besteht aus einem Stratum circulare, einem Stratum transversum und einem Stratum longitudinale, wobei ich bemerken muss, dass ich zu dem Stratum circulare alle die Faserzüge rechne, die entweder in vollem Kreise die Harnröhre umfassen, oder doch in Curven, die einen mehr oder weniger grossen Theil eines Kreises beschreiben.

Was das Stratum circulare urethrae anbetrifft, so findet es sich, wenn wir an der eben betonten weiten Bedeutung festhalten, längs der ganzen Harnröhre vom Sphincter vesicae bis zum Orificium externum hin; ich sage längs der ganzen Harnröhre, während doch nach den Autoren der vorderste Theil derselben ganz frei von animalischer Muskulatur sein soll. Am Meisten entwickelt findet es sich um die Mitte des Verlaufes der Urethra, etwas schwächer gegen den Sphincter vesicae zu, viel schwächer in der Nähe des Orificium externum. Völlig die Harnröhre umfassend ist diese Schicht nur hinter der Mitte des Verlaufes und von hier an bis zum Sphincter vesicae hin. Ganz nahe dem Orificium urethrae umgreifen die Züge nur die Hälfte, sechs Linien hinter jener Oeffnung volle drei Viertheile der Harnröhre.

Die secundären Bündel, aus denen die circuläre Schicht besteht, sind rundlich elliptisch, mit dem grössten Durchmesser perpendiculär zur Längsaxe des Canales, oder sie sind von ganz unregelmässiger Form. Der Umfang derselben ist ein sehr an Grösse schwankender; getrennt werden sie von einander durch Septa, die aus Bindegewebe mit elastischen Fasern bestehen. In der unmittelbaren Nähe des Sphincter vesicae gibt es auch einzelne Septa, in denen neben dem Bindegewebe und in demselben organische Muskelfasern sich zeigen. Die secundären Bündel ordnen sich an manchen Stellen

in vertical zur Axe der Urethra stehenden Reihen, während sie an anderen Partien ohne alle besondere Ordnung liegen.

Eine schroffe Abgränzung der animalichen Muskulatur findet nirgends Statt. Man sieht sie vermengt mit den Geweben, an welche sie angränzt, insbesondere, wie wir schon gesehen haben, mit der organischen Muskulatur. Hier an den Gränzen ist es auch, wo ganz constant völlig isolirte Primitivbündel vorkommen, gleichsam von der Masse abirrende Fasern; oder wo die secundären Bündel einen sehr unbedeutenden Dickendurchmesser haben. Diese kleinen Bündel enthalten nämlich nicht selten nur vier, sechs oder zehn, mehr oder weniger eng verbundene Primitivbündel, und bieten mitunter ein eigenthümliches Bild, indem die letzteren perlschnurartig sich in Längsreihen ordnen.

In der Masse der Muskulatur sind, wie erwähnt, die secundären Bündel von sehr wandelbarer Grösse. Die Primitivbündel haben einen durchschnittlichen Durchmesser von 0,02‴; doch ist auch hier das Schwanken ein nicht unbedeutendes. Uebergangsformen von quergestreiften Primitivbündeln in glatte Muskelfasern gibt es nicht. Recht oft sah ich conisch zulaufende Primitivbündel, wenn nach Rollett's Angabe die Präparate gekocht und die feinen Schnitte 24—48 Stunden in Glycerin gelegt waren.

Dieser allgemeinen Beschreibung lasse ich die specielle folgen: Unmittelbar hinter dem Orificium urethrae sind zarte Muskelzüge, die zur Hälfte die Harnröhre umgreifen, das heisst in der vorderen Wand liegen und auf die Seitenwand übergehen. Sie finden hier ihr Ende oder gehen noch bis in die Faserlage der Vagina. An Masse sind sie so unbedeutend, dass ein macroscopisches Präpariren ganz unmöglich wird. Man sieht aber die Muskulatur auf jedem hier geführten Querschnitte so verlaufend, wie ich angegeben habe; sieht sie auch auf einem Längsschnitte, wie in Fig. VI, meist schon mit blossem Auge. Die Muskelbündel sind äusserst klein von Umfang und sind durch reichliches Bindegewebe von einander getrennt. Sehr häufig trifft man isolirte Primitivbündel; vergl. Fig. VII. Eine besondere Begränzung dieser Muskelpartie ist nicht anzugeben. Sie liegt in toto inmitten eines lockeren Bindegewebes, das reichliche Venengeflechte enthält. Sie ist hier, wie ich noch einmal betone, ganz constant vorhanden, womit die Angabe einiger Autoren fällt, dass der der äusseren Oeffnung naheliegende Theil der Harnröhre keine animalische Muskulatur enthielte.

Schon wenige Linien hinter dem Orificium urethrae ändert

sich das Verhältniss. Hier zeigt sich nämlich die animalische Muskulatur, auf Längs- und Querschnitten sogleich und deutlich in die Augen fallend, vorn und zu beiden Seiten in der Urethralwand verlaufend. Sie besteht hier aus zwei Lagen, die von einander geschieden werden müssen. Die innere Lage, die, welche der organischen Muskulatur am nächsten liegt, gehört lediglich der Urethra an. Ihre Bündel verlieren sich, die Harnröhrenwand verlassend, eben da, wo Vagina und Urethra zusammenstossen, oder sie senken sich theilweise noch eine kleine Strecke weit in die äussere Faserlage der Scheide ein.

Die oberflächliche Partie, die äussere Lage, gehört nicht speciell und allein der Harnröhre an, sie liegt, eigentlich nur in der vorderen Wand, derselben genauer an. Von der Urethra lässt sie sich auf die Vagina verfolgen und entfernt sich auf diesem Wege allmälig immer mehr von der inneren Lage, indem sie unter einem spitzen Winkel von ihr abweicht. Dadurch nun entsteht zwischen beiden Lagen eine Lücke, die schon in der vorderen Wand der Urethra nicht zu verkennen ist, und diese wird ausgefüllt, zum Theil wenigstens, durch das grosse Venengeflecht des Corpus cavernosum urethrae. — Die Muskelbündel laufen eng und fest mit einander verbunden, auf der Oberfläche der Vagina um diese herum, vereinigen sich seitwärts unter einem nahezu rechten Winkel mit den Faserzügen des Levator ani, welche hier die Vagina angreifen, um an der hinteren Wand derselben mit dem M. transversus perinaei profundus eine Verbindung einzugehen. Die beschriebene Muskelpartie bildet somit einen weiten Ring, der Urethra und Vagina zugleich umfasst und bei seiner Contraction beide zum festeren Verschlusse bringt. Die Antagonisten dieses von Luschka*) unter dem Namen des Sphincter vaginae oder des Constrictor cunni profundus beschriebenen Muskels sind die oben erwähnten Züge des Levator ani und der M. transversus perinaei profundus. Das Vorkommen des Sphincter vaginae et urethrae ist ein ganz constantes, wie auch der eben citirte Autor angibt. Gegen letzteren muss ich nur bemerken, dass ich die Dimension der Breite des Muskels in der Richtung vom Orificium urethrae zur Blase grösser fand; sie betrug nicht weniger als $3^1/_2$—$4'''$, manchmal noch darüber.

Bei dieser Gelegenheit müsste ich der Bulbi vestibuli, des gespaltenen Corp. cavernos. urethrae gedenken. Sie werden nämlich, wie schon oben angedeutet, zum Theil gedeckt von

---

*) A. a. O. — Ueber den weiblichen Afterheber. Zeitschr. f. rat. Med. von Henle und v. Pfeufer. 1858.

der eben beschriebenen Muskulatur, vom Constr. cunni profundus. Doch habe ich über die anatomischen Verhältnisse nichts Neues anzugeben.

So weit nun der genannte Constr. cunni prof. die Urethra umgreift, ändert sich in dieser ganzen Ausdehnung von ungefähr vier Linien an der inneren Muskellage wenig. Nur zieht sie sich, je weiter nach der Blase zu, um so mehr um den Umfang der Harnröhre herum, so dass sie in der Gegend, wo der hintere, d. i. der Blase zugewandte Rand des Constr. cunni prof. ist, drei Viertheile der Harnröhre umgreift. Die Muskelbündel senken sich hier zum Theil in die Vagina ein, bald mehr, bald weniger tief eingreifend, zum Theil aber gehen sie nicht bis an die Scheidenwand, sondern endigen jederseits an und in einem Gewebe, das aus transversalen Bindegewebszügen, elastischen Fasern und aus sehr wechselnden Mengen in verschiedener Richtung laufender organischer Muskelzüge bestehend, eine Art Sehne vorstellt, die zwischen Vagina und der circulären Schicht glatter Muskelfasern eingedrängt liegt.

Diese innere Lage von quergestreiften Muskelfasern, der Harnröhrenwand eingewebt, als eigentliche Harnröhrenmuskulatur, bleibt auf der grossen Strecke vom hintern Rande des Constrictor cunni profundus bis zur Blase die einzige Lage animalischer Muskelfasern, die um die Urethra läuft. Etwas jenseits, das heisst blasenwärts von der Mitte der Harnröhre, erreichen sich die Muskelzüge dieser circulären Schicht, von der rechten und linken Seite kommend, fast ganz in der hinteren Wand der Urethra. Es bleibt, eine Linie jenseits der Mitte der Harnröhe, zwischen den von beiden Seiten kommenden Zügen nur ein $^1/_2$ Linie weiter Raum übrig, der durch das nämliche Gewebe ausgefüllt wird, wie ich es oben beschrieben habe, das, ohne mit der Structur einer Sehne völlig übereinstimmend zu sein, doch unzweifelhaft den Zweck derselben ganz erfüllt. Wäre dies Verhältniss längs eines grösseren Theils oder längs der ganzen Ausdehnung der hinteren Wand, so würde man sagen, die Muskelfasern vereinigten sich durch eine Raphe, wie ein Theil der Pharynxmuskeln. An diese intermediäre Sehne, wenn ich so sagen darf, setzen sich die Muskelzüge an und gehen hie und da noch in sie hinein.

Ungefähr zwei Linien hinter der Mitte des Verlaufes der Urethra zeigt uns ein Querschnitt völlig kreisförmige Muskelzüge. Sie erreichen sich hier von rechts und links kommend inmitten eines Gewebes, das mit dem der eben beschriebenen Verbindungsbrücke die grösste Aehnlichkeit hat. Meist breitet sich in der Mitte der hinteren Wand jederseits die Muskulatur

fächerförmig aus, so dass sie alsdann einen grösseren Raum einnimmt, als in der vorderen Wand und den Seiten, trotzdem ein Theil der Bündel auch in diesem Stücke der Harnröhre nicht völlig ringförmig ist, sondern nur zu drei Viertheilen dieselbe umfasst. Völlig in sich zurücklaufende Züge von Muskelfasern gibt es nicht. Mitunter zeigt es sich, dass die von einer Seite kommenden Bündelchen auf die andere übergehen. Ist dies beiderseitig der Fall, so entsteht durch das gleichzeitige fächerartige Auseinanderweichen der Muskulatur ein Bild unter dem Mikroskope, wie es die Präparation des gut entwickelten M. orbicularis oculi malaris liefert.

Recht schön sieht man hier das conische Ende eines Primitivbündels. Bald rascher, bald langsamer sich zuspitzend, steckt und versteckt sich das Ende im Bindegewebe des oben beschriebenen Gewebes, oft ganz gerade, oft leicht gewunden. Das Vorkommen eines conischen Endes kann man auf jedem Querschnitte der Urethra, zumal auf dieser Strecke derselben constatiren.

Das vorhin beschriebene Verhältniss der Muskelzüge in der hinteren Wand ändert sich nicht in der ganzen Strecke bis zum Sphincter vesicae hin. Hier überall sind die Züge circulär in der ganzen Bedeutung des Wortes. Ich lege Nachdruck hierauf, weil Luschka mit grosser Bestimmtheit jedes Vorkommen von völlig kreisförmigen Zügen, wie schon oben erwähnt, leugnet. Nach meinen Untersuchungen von ungefähr dreissig Harnröhren muss ich die Urethra vollständig umkreisende Züge an der genannten Strecke für ungemein constant erklären; ich habe dieselben an allen jenen Harnröhren auf die nämliche Art sich verhalten sehen.

Was im Uebrigen noch die circuläre Schicht animalischer Muskelfasern betrifft, so nimmt sie vom hinteren Rande des M. sphincter vaginae et urethrae an nach der Blase hin anfangs an Masse ziemlich erheblich zu, dann aber kurz vor dem Blasenschliessmuskel wieder ab. An der äusseren Oberfläche liegen vorn die von der Vorderfläche der Blase herabsteigenden Züge des Dilatator vesicae, lockeres Bindegewebe mit reichlichen Venennetzen und das Ligamentum pubovesicale medium. Zur Seite wird dieselbe Fläche von lockerem Bindegewebe eingehüllt und hinten grenzt an die äussere Fläche der Ringschicht die Faserlage der Vagina nebst einer noch zu beschreibenden Längsschicht animalischer Muskelfasern.

Das Ende der circulären Schicht nach der Blase zu ist kein schroffes. In der vorderen Wand stösst das Ende an den Sphincter vesicae an. Da, wo organische und animalische

Ringfasern auf einanderstossen, vermengen sich die Züge derselben, so dass im vorderen Ende des Blasenschliessmuskels mitten zwischen den Bündeln glatter Muskelfasern Bündel und isolirte Primitivbündel quergestreifter sich vorfinden. So existirt denn in der That keine Stelle, in welcher die Ringmuskulatur irgend welche Unterbrechung erlitten hätte. In den Seitenwänden ändert sich das beschriebene Verhältniss gar nicht. In der hinteren Wand dagegen ist es ein wesentlich anderes. Bekanntlich erstreckt sich in der letzteren der Sphincter vesicae um etwas weiter abwärts, d. h. zum Orificium urethrae hin, als in der vorderen Wand. Daher kommt es, dass hinten die Ringsschicht animalischer Muskelfasern weiter zur Blase hinauf zu ragen scheint, indem sie vaginalwärts vom Ende des Sphincter vesicae liegend, dasselbe umgreift. Das Ende der Ringsschicht der Urethra stösst nicht an das Ende des Sphincter vesicae an. Das ist der erste Unterschied. Der zweite ist ein sehr wichtiger, interessanter und sehr wesentlicher. Es greifen nämlich in die circuläre Schicht Längsfaserzüge ein, die zu einem Theil dem Dilatator vesicae angehören, zum Theile aber Bündelchen animalischer Muskulatur sind. Damit bin ich angelangt bei der Beschreibung des Stratum longitudinale. Vergl. Fig. VIII.

Längszüge quergestreifter Muskelfasern finden sich nur an der hintern Wand der Urethra, sind aber ganz constant. Bald reichlicher, bald sparsamer liegen sie rechts und links, nicht in der Mittellinie, zwischen der circulären Schicht und der Vagina. Mit ihrem Blasenende greifen die fraglichen Züge höher hinauf, als die circuläre Schicht animalischer Muskulatur zur Blase hinauf reicht, und in den Dilatator vesicae ein, indem isolirte Primitivbündel, oder sehr wenig umfangreiche secundäre Bündel den Raum zwischen zwei Bündeln des organischen Längsmuskels aufsuchen und im Bindegewebe zwischen denselben ihr Ende finden. Das vordere, nach dem Orificium urethrae hinsehende Ende der Längszüge quergestreifter Muskelfasern findet sich in der Regel zwei Linien hinter der Mitte des Verlaufes der Urethra, im Bindegewebe zwischen Vagina und Harnröhre, in der Vaginalwand selbst und zwischen den Bündeln des Stratum circulare, in welches sich die Züge auf ihrem Wege von dem Uebergangstheile der Blase bald mehr, bald weniger zahlreich einsenken. Indem aber das Stratum longitud. auch, wie erwähnt, in die Vagina sich einsenkt, so wird die Dickendimension der gesammten animalischen Muskulatur an der hinteren Wand der Urethra eine ziemich beträchtliche.

Man findet das Stratum longitudinale auf Querschnitten der Harnröhre und der vordern Scheidenwand in einem Bereiche, der oben angegeben ist. Auch auf Längsschnitten sieht man die fragliche Schicht, wenn sie rechts und links von der Medianlinie geführt wurden. Solche Longitudinalschnitte zeigen, zumal bei der erwähnten Behandlung mit Glycerin, hie und da Primitivbündel, die nach beiden Enden zu conisch sich zuspitzen, was man hier, wegen des kurzen Verlaufes der Bündelchen, leicht und mit Sicherheit constatiren kann. Das Stratum longitudinale kann, wenn man den mehr fixen Punkt da annimmt, wo die Züge des Muskels mit dem des Stratum circulare, sowie mit der Faserlage der Vagina sich verbinden, den Sphincter vesicae mit abziehen helfen vom Orificium der Blase, und zwar als ein willkürlicher Dilatator. Eine Wirkung in entgegengesetzter Richtung, auf Vagina und Urethra, ist möglich, aber nicht wahrscheinlich.

Nicht ganz constant, aber doch immerhin noch häufig treten von beiden Seiten nicht unerhebliche Züge quergestreifter Muskelfaserrn unter einem zur Längsaxe der Urethra rechten Winkel an sie heran, und zwar an den Theil derselben, der etwas blasenwärts von der Mitte liegt. Ich will sie das Stratum transversum nennen. Es liegt hinter den Bulbi vestibuli und senkt sich in die Urethra da, wo deren Seitenwand in die hintere übergehen will. Was den Ursprung dieser Bündel betrifft, so weiss ich in der That ihn nicht genau anzugeben. Es ist mir einigemale vorgekommen, als könnte ich sie lateralwärts bis in die Nähe des Ramus inf. oss. pub. ziehen sehen. Mit Sicherheit ists möglich, das laterale Ende auf die Vagina zu verfolgen; mit dem medialen geht es in die Urethra über, convergirend mit dem von der Seitenwand in die hintere Wand hinüberziehenden Bündeln des Stratum circulare und an dieselben sich anlegend. Dies mediale Ende grenzt auch an das Stratum urethrae longitudinale. S. Fig. IV.

Die Wirkung des Stratum transversum kann wohl nur eine die Urethra dilatirende sein. Die Züge desselben gehen bis an das Stratum circulare und ziehen dasselbe ab von der Harnröhre.

Wie ich schon oben erwähnt, soll nach einigen Autoren auch beim Weibe ein M. pubo-urethralis existiren; ich habe ihn trotz sorgfältigen und genauen Präparirens nicht finden können und bestätige damit die Angabe Luschka's.

Auf die Schicht animalischer Muskelfasern, deren Beschreibung ich nun vollendet, folgt dann in der hinteren Wand unmittelbar die Faserlage der Vagina, in der vorderen Wand

aber ein sehr lockeres Bindegewebe, in welchem ein reichliches Venengeflecht sich ausbreitet. Das Bindegewebe ist bedeckt von einer bindegewebigen Membran, die als Ligamentum pubo-vesicale bekannt ist.

Was die Gefässe der Urethra betrifft, so stammen die Arterien von der $^5/_8$''' dicken Art. clitoridis und von Aesten der 1''' dicken Art. vesicovaginalis. — Die Venen der Harnröhre sind innere, in den Wandungen derselben liegende, und äussere, der Urethra anliegende. Die ersteren ergiessen sich durch Aeste, die die Wand der Harnröhre durchbrechen, in die oberflächlichen grösseren Venen, die in den Plexus vaginalis und pudendalis übergehen. Die Lymphgefässe sind nicht sehr zahlreich, folgen meist den grösseren Venenstämmen und ergiessen sich in den Plexus hypogastricus und die Gl. hypogastricae. Die Nerven stammen vom Nervus perinaei seu pudendus inferior aus dem Plexus pudendalis.

Zur Untersuchung habe ich mich der Harnröhren von Erwachsenen, jugendlichen Individuen und von Neugeborenen bedient. Präparate von letzteren habe ich dann vorgezogen, wenn es darauf ankam, die Muskulatur in continuo zu erkennen, weil man im Stande ist, an Präparaten so kleiner Dimensionen mit grösserer Leichtigkeit Längs- und Querschnitte durch die Gesammtmasse der Weichtheile zu machen. Man bekömmt so sehr instructive Präparate.

Abgesehen von der makroscopischen Präparation, habe ich die später zu untersuchenden Harnröhren erst in Wasser, nach 18—24 Stunden in Alkohol gelegt, nach weiteren 24 Stunden gekocht, gehärtet und nun feine Schnitte gemacht, die ich behuf mikroskopischer Untersuchung in Wasser aufweichte und dann weiter behandelte. Eine andere Reihe von Präparaten habe ich frisch gekocht, dann gehärtet, andere bloss in Alkohol gehärtet, der zu dem Zwecke alle zwei Tage erneuert werden muss. Die zuerst beschriebene Präparationsmethode ist sehr zu empfehlen, weil erstens der Blutfarbstoff wenigstens zum grössten Theile verschwindet und die feinsten Züge animalischer und vegetativer Muskelfasern dem Auge sichtbar werden.

Erklärung der Figuren.

Fig. I. Querschnitt durch die Urethra eines 26jährigen Mädchens, zwei Linien hinter dem Orificium ext.

Fig. II. Querschnitt durch die Urethra desselben M. sieben Linien hinter dem Orificium urethrae. Bei der sehr wahrheitgemässen Zeichnung ist zu

notiren, dass das sichtbare ringförmige Stratum aus der völlig kreisförmigen organischen Muskulatur, sowie aus dem zu drei Viertheilen die Urethra umkreisenden Stratum circulare der quergestreiften Muskelfasern, nebst der das andere Viertheil ausfüllenden intermediären Sehne besteht. Makroskopisch ist zwischen den genannten Geweben ein Unterschied kaum zu erkennen.

Fig. III. Ansicht des Orificium vesicae von der Blase aus.

Fig. IV. Durchschnitt quer durch die Urethra und einen Theil der angrenzenden Vaginalwand von einer Neugeborenen, zwei Linien hinter der Mitte um Etwas vergrössert. Das Präparat war gekocht, gehärtet, der Querschnitt dann in Wasser aufgeweicht und in Glycerin gelegt.

a. longit. organ. Musk.
b. circul. org. Musk. und Stratum circulare der animalischen Muskulatur.
c. Stratum transversum.
d. Vereinigungsstelle der von rechts und links kommenden Züge quergestreifter Muskelfasern.
e. Stratum longitudinale.

Fig. V. Etwas vergrösserter Querschnitt durch dieselbe Urethra, $2^1/_2$ Linien hinter dem Orif. urethr. Das Präparat war ebenso behandelt, wie das in Fig. IV. gezeichnete.

a. long. organ. Musk.
b. Stratum circ. der animalischen Musk.
c. circ. organ. Musk.
d. Musk. der Vagina.

Fig. VI. Längsschnitt durch die ganze vordere Wand der Urethra und des angrenzenden Theiles der Blase, von einem 6jährigen Mädchen. Präparat behandelt wie die in Fig. IV. und in Fig. V. gezeichneten.

a. Mucosa vesicae.
b. Innere Längsfaserschicht der äusseren Blasenmuskulatur.
c. Sphincter vesicae.
d. Aeussere Längsfaserschicht.
e. Schwache Stelle des Sphincter vesicae.
f. Transv. Stratum org. Muskelfasern am Uebergange von Blase in Harnröhre.
g. Stratum circ. urethrae.
h. Dasselbe am Orif. urethrae.
i. Venenschicht der Urethra.
k. long. organ. Musk.
l. circ. organ. Musk.
m. Fortsetzung der äusseren Längsmuskulatur der Blase auf die Urethra.

Fig. VII. Vergr. 150. Quergetroffene isolirte Primitivbündel aus dem Strat. circ. am Orif. urethrae.

Fig. VIII. Vergr. 90. Kleine Partie aus einem Längsschnitte der hinteren Urethralwand, entsprechend der Stelle vaginalwärts vom Urethralende des Sphincter vesicae.

a. Stratum long. urethrae.
b. Stratum circ. urethrae.
c. Der Blase zugewandtes Ende der gezeichneten Partie.
d. Der Vagina zugekehrter Rand der gezeichneten Partie.

Ueber die Function der Vater'schen Körperchen.

Von

W. Krause.

(Hierzu Taf. VIII.)

Wenn man ein cylindrisches Darmstück, z. B. vom Dünndarm des Menschen oder eines Säugethieres, mit Wasser füllt, das eine Ende mit einem Kork verschliesst, der von einer rechtwinklig aufwärts gebogenen Glasröhre durchbohrt ist, das andere Ende ebenfalls mit einem passenden Kork oder auf andere Art verschliesst und nun in der Richtung der Längsaxe des horizontal gelegenen, am erstgenannten Ende fixirten Darmstückes einen Zug wirken lässt, so beginnt das Wasser in der verticalen Glasröhre zu fallen. Das Volumen des Darmstückes nimmt zu, gerade wie bei einem Kautschuk-Rohr unter denselben Verhältnissen die Verlängerung verhältnissmässig beträchtlicher ist, als die Contraction des Querschnitts. Die Dicke der Wandungen des Kautschuk-Rohrs kann so gering genommen werden, dass sich dieselben, wenn sie ihrer eigenen Schwere überlassen sind, flach aufeinander legen. Lässt man auf das Kautschuk-Rohr nach und nach stärkeren Zug einwirken, so sinkt das Wasser in der Glasröhre so lange, bis schliesslich das Rohr zerreisst.

Bei dem mit Wasser gefüllten Darm hört das Sinken sehr bald auf, wenn auch ganz geringe Zugkräfte wirken. Das Wasser behält einen Augenblick seinen Stand, obgleich die Längen-Ausdehnung des Darmrohrs zunimmt, dann steigt das Wasser in der Glasröhre, weit über sein ursprüngliches Niveau, und beharrt im Steigen bis zum Ende des Versuchs; das Volumen des Darmstückes nimmt also ab.

Die Elasticitätsgrenzen des Darms sind dabei keineswegs überschritten. Beim Nachlassen des Zuges folgen sich die Erscheinungen in umgekehrter Weise mit dem Kürzerwerden des Darms; jedoch erreicht die Wassersäule nur allmälig wieder ihren früheren Stand, was von der elastischen Nachwirkung abhängig sein dürfte. Man kann den Versuch so oft wiederholen als man will, und genau mit dem nämlichen Resultat.

Es ist gleichgültig, in welcher Lage gegen den Horizont sich die Längsaxe des Darmstücks befindet. Man kann den Versuch ebenso gut mit einem senkrecht aufgehängten Darmstück, wie mit einem horizontal gespannten oder beliebig unterstützten vornehmen. Man kann auch den Versuch unter Wasser anstellen, so dass der hydrostatische Druck im Darmrohr und ausserhalb desselben sowohl vor dem Versuch als während desselben genau derselbe bleibt und das in der Glasröhre aufsteigende Wasser mittelst einer ferneren Umbiegung derselben ausfliesst. Es ist unwesentlich, ob die Korke mehr oder weniger genau dem Querschnitt des Darms angepasst sind; die Darmwand kann sich nach der Längsaxe des Rohrs hin einwölben, ohne dass das Steigen des Wassers aufhörte. Ebenfalls ist es gleichgültig, ob das Darmstück sehr nahe cylindrische Form hat oder Abweichungen von derselben stattfinden, ob mit dem Wasser Luftblasen eingeschlossen sind, die man übrigens durch die Darmwand durchschimmern sehen kann, oder nicht.

Mit der Länge des zum Versuch benutzten Darmstückes nehmen die absoluten Ausschläge der Wassersäule in der Glasröhre zu, ebenso mit dem grösseren Querschnitt, z. B. wenn man Darmstücke verschiedener Thiere auswählt; endlich steigt das Wasser in der Glasröhre zuletzt um so höher, je grösser der Anfangsdruck war, unter welchem das Darmrohr gefüllt wurde.

Es folgt aus dem Bisherigen, dass der Darm sich anders verhält, als die übrigen elastischen Körper. Durch Längen-Ausdehnung nimmt sein Volumen anfangs zwar etwas zu, später aber beträchtlich ab.

Beim Darm ist das glatte Muskelgewebe vorherrschend. Man kann auch die Schleimhaut vor dem Versuch entfernen und es macht keinen Unterschied, ob die Längsmuskellage aussen oder innen gelegen ist.

In der Aorta überwiegt das elastische Gewebe verhältnissmässig. Unterbindet man an der des Menschen sämmtliche Aa. intercostales, oesophageae etc. an ihren Ursprüngen und verwendet die Aorta descendens thoracica zum Versuche, so

ist das Sinken des Wassers in der Glasröhre, analog wie bei einem gewöhnlichen elastischen Körper, anfangs beträchtlicher, die Zugkräfte müssen verhältnissmässig gross sein, damit das Wasser über den ursprünglichen Stand bedeutend sich erhebt. Ebenso verhält sich die aus Knorpelstücken, deren Interstitien mit elastischem Gewebe ausgefüllt sind und glatter Muskulatur zusammengesetzte Luftröhre des Kalbes etc.

Aus dem Nackenband des Rindes kann man mit Korkbohrern Hohlcylinder anfertigen, deren Länge z. B. 80 Mm. auf 8 Mm. Durchmesser des Lumens beträgt. Macht man die Wandung annähernd gleichmässig dick, so zeigt sich, dass das reine elastische Gewebe am anderen Ende einer Reihe steht, deren Anfang für jetzt das Darmrohr bildet. Beim Nackenband ist die anfängliche Volumszunahme am Bedeutendsten, die spätere Abnahme am Geringsten; indess kann man auch hier den Versuch beliebig wiederholen.

Mit einem besonders construirten Apparat war es möglich, die Länge und Breite eines in horizontaler Richtung anzuspannenden, sehr kleinen, oblongen Stückes einer Membran vor Einwirkung eines Zuges in deren Längsrichtung und während derselben zu messen. Die Annahme, dass bei Dehnung in die Länge die Abnahme des Querschnitts in allen Richtungen gleichmässig erfolge, ist im Allgemeinen bei homogenen Körpern gestattet; berechnet man aus den gemessenen Längen und Breiten die Volumsänderungen von Membranenstücken, so zeigt sich bei beträchtlicherer Dehnung eine sehr bedeutende Volums-Verminderung. So fand es sich bei schmalen, durch Parallelschnitte erhaltenen Streifen der Längsmuscularis vom Darm, ferner bei der Tunica vaginalis propria vom Hoden des Menschen, einer hauptsächlich aus Bindegewebe bestehenden Membran.

Eine Nachweisung der obigen Angaben mittelst quantitativer Bestimmungen könnte bei so einfachen und jederzeit anzustellenden Versuchen fast als überflüssig erscheinen. Die nachfolgenden Zahlenangaben, welche ohne feinere Hülfsmittel erhalten sind, sollen daher nur als Beispiele und zugleich als Beschreibungen der Ausführung selbst dienen. Einigermassen genaue Messungeu von Dimensionen weicher, thierischer Theile und ihrer Aenderungen innerhalb der Elasticitätsgrenzen sind mit Schwierigkeiten verbunden, die sich in diesen Fällen bei der Ausführung Volumen-messender Versuche vielleicht noch am Besten mit Hülfe der Wage durch Bestimmung des specifischen Gewichts von Substanzen im ungedehnten und im gespannten Zustande überwinden lassen werden. Wenn man näm-

lich die Versuche mit möglichst kleinen Massen anstellt, so kann man sich durch nachherige mikroskopische Untersuchung vergewissern, ob Fehlerquellen vermieden sind, die aus der zufälligen Anwesenheit stärkerer Arterienverzweigungen etc. in der Substanz der Organe hervorgehen müssen.

I. Dünndarm des Menschen.

Länge des Darms	370	Mm.
Querdurchmesser des Darms	37	„
Dicke der Darmwandung, geschätzt	1	„
Höhe der Wassersäule in der Glasröhre	135	„
Lumen der Glasröhre, Durchmesser	4	„
Länge des Darms bei 0,25 Kgrm. Gewicht	380	„
Das Wasser fällt	5	„
Länge des Darms bei 1,0 Kgrm. Gewicht	400	„
Das Wasser steigt	16	„

Daraus berechnet:

Volumen des Wassers im Darm	356,0	Ccm.
Volumen der Darmwandung	41,8	„
Volumszunahme der Wandung bei einer Längenausdehnung = 0,027	0,0015	
Volumsabnahme der Wandung bei einer Längenausdehnung = 0,081	0,0048	

Die Gewichte wurden sehr langsam auf eine Wagschale niedergesetzt, welche von einem über eine Rolle laufenden, an den Kork des anderen, nicht mit einer rechtwinklig aufwärts gebogenen Glasröhre versehenen Darmendes befestigten Faden niederhing. Zwischen je zwei Messungen wurde der Darm ganz entspannt; die erste Angabe bezeichnet das durch mehrere Versuche gefundene Gewicht, bei welchem der Stand des Wassers in der Glasröhre am niedrigsten war. In gleicher Weise ist bei allen ähnlichen Messungen verfahren.

II. Aorta des Menschen.

Länge der Aorta	168	Mm.
Querdurchmesser der Aorta	20—24	„
Dicke der Aortenwand	2	„
Höhe der Wassersäule	235	„
Lumen der Glasröhre, Durchmesser	4	„
Länge der Aorta bei 0,25 Kgrm.	175	„
Das Wasser fällt	29	„
Länge der Aorta bei 2,45 Kgrm.	190	„
Das Wasser steigt	70	„

Berechnet:

Volumen des Wassers in der Aorta	42,7	Ccm.
Volumen der Aortenwand	21,1	„
Volumszunahme der Aortenwand bei Längenausdehnung = 0,042	0,017	
Volumsabnahme der Aortenwand bei Längenausdehnung = 0,131	0,042	

Zufällig ist das Gewicht für den tiefsten Stand der Wassersäule in diesem Fall eben so gross, wie das beim Darm gefundene; von da ab beharrt das Wasser im Steigen, auch bei Anwendung eines bedeutenden Gewichtes.

III. Tunica vaginalis des Menschen.

Länge	16,5	Mm.
Breite	1,19	„

Während der Spannung:

Länge	17,0	„
Breite	1,07	„

Berechnet:

Längenausdehnung	0,030
Volumsabnahme	0,167

IV. Tunica vaginalis des Menschen.

Länge	11,7	„
Breite	1,55	„

Während der Spannung:

Länge	13,5	„
Breite	1,27	„

Berechnet:

Längenausdehnung	0,154
Volumsabnahme	0,225

Die Messungen an der Tunica vaginalis wurden mittelst eines unten genauer zu beschreibenden Apparates angestellt, dessen Princip darin bestand, dass ein Stück dieser Membran von oblonger Form zwischen zwei Messingplatten festgeklemmt und mittelst einer Schraube nebst Feder in die Länge gedehnt wurde. An einem in halbe Millimeter getheilten Maassstabe wurden die Längendimensionen vor der Spannung und während der Spannung abgelesen; mittelst eines Schraubenmikrometers ist bei 65facher Vergrösserung die Breite gemessen einer bestimmten, unter dem Mikroskope an irgend welchen zufälligen Merkmalen kenntlichen Stelle der Membran, die möglichst nahe der Mitte ihrer Länge gelegen war, um den Einfluss der Festklemmung zu vermindern. Faltungen der Membran vermögen natürlich die Messungen unbrauchbar zu machen; die Abwesenheit von solchen wurde mit Hülfe verschiedener Vergrösserungen constatirt. Dennoch ist hierbei keine grosse Sicherheit der Bestimmungen zu erwarten, da das etwaige Vorhandensein stärkerer Gefäss-Verzweigungen etc.

auf die Resultate influiren muss (Versuch III.). Die Membran befand sich frei in der Luft schwebend und es waren zu diesem Zwecke die Messingbalken (Fig. 2 l. v.), auf denen die Membran auflag, um 2 Millimeter höher, als sie in der Figur gezeichnet sind, wo ihre Höhe derjenigen entspricht, die sie bei anderweitigen Messungen besassen. Bei der Berechnung ist die für diese Membran zulässige Annahme gemacht, die Breiten- und Dicken-Dimension habe im gleichen Verhältnisse abgenommen.

Wenn man ein Darmstück von grösserem Querschnitt, z. B. vom Dünndarm des Menschen mit einer rechtwinklig aufwärts gebogenen Glasröhre in Verbindung setzt, welche einen beträchtlichen Quermesser besitzt, so kann man in diese Glasröhre eine zweite engere einfügen, deren unteres Ende aus dem unteren Ende der weiteren Röhre hervorragt und wie dieses im Innern des Darmrohrs gelegen ist. Die Verbindung des verticalen Theiles der engeren Glasröhre mit dem horizontal gelegenen wird durch eine kurze Kautschuk-Röhre bewerkstelligt. An dem im Darmrohr befindlichen Ende der engeren Glasröhre kann man mittelst eines kleinen Korkes ein zweites dünneres Darmstück befestigen, z. B. vom Dünndarm einer Katze. Verschliesst man das freie Ende des letzteren mit einem Kork und das freie Ende des Darmstückes vom Menschen, dem man etwas grössere Länge gibt, in derselben Weise, nachdem die beiden Därme mit Wasser gefüllt sind, so liegt der Katzendarm im Wasser suspendirt frei im Menschendarm. Lässt man am freien Ende des letzteren einen beträchtlicheren Zug wirken, so steigt das Wasser in der weiten Glasröhre und selbstverständlich gleichhoch in der engeren, mit dem Inneren des Katzendarms communicirenden, da sich der hydrostatische Druck in beiden Darmstücken ins Gleichgewicht setzt. Hat man nun aber einen anfangs nicht gespannten Verbindungsfaden zwischen dem freien Ende des Katzendarms und demjenigen des Menschendarms angebracht und lässt durch diesen Faden ebenfalls eine Kraft wirken, indem an den freien Enden beider Darmstücke gleichzeitig gezogen wird, so steigt das Wasser in der engeren Glasröhre jetzt höher, über das Niveau in der weiteren. Die Volumsabnahme, welche durch Längsspannung der Membran des Katzendarms hervorgebracht wird, wächst derjenigen hinzu, welche durch die Spannung des Menschendarms erzeugt wurde. Letztere vertheilt sich auf die ganze Wassermasse gleichmässig; die Spannung des Katzendarms selbst wirkt nur auf das in seinem Innern enthaltene Wasser, als ob der aussen gelegene

Menschendarm gar nicht da wäre. Der hydrostatische Druck im Innern der Vorrichtung ist also jetzt ungleich geworden, und zwar grösser in dem nach innen gelegenen Katzendarm.

Die Anordnung der Darmstücke ist aus Fig. 5. zu ersehen. Das Ganze kann, wie sich unten zeigen wird, als einfachstes Schema eines künstlichen Vater'schen Körperchens bezeichnet werden. Die Dimensionen waren in einem Fall folgende:

V. Dünndarm des Menschen und der Katze.

Länge des Menschendarms	400	Mm.
Querdurchmesser des Menschendarms	25	„
Länge des Katzendarms	310	„
Querdurchmesser des Katzendarms	13	„
Länge der engeren Glasröhre, so weit sie im Innern des Menschendarms gelegen war	35	„
Länge des Korks im freien Ende des Katzendarms	20	„
Durchmesser des Lumens der weiteren Glasröhre	9	„
Durchmesser des Lumens der engeren Glasröhre	3	„
Höhe der Wassersäule in beiden Röhren vor Beginn des Versuchs	230	„
Angewendetes Gewicht in Kilogrammen	1,5	

Endlich findet man durch eine vergleichende Schätzung, dass die Längenausdehnung, welche ein nach der Längsrichtung des Darms ausgeschnittener Streifen seiner Wandung durch ein bestimmtes Gewicht erfährt, beiläufig 1,3 beträgt, wenn die Ausdehnung eines gleich grossen nach der Querrichtung des Darmrohrs geschnittenen Streifens gleich 1 gesetzt wird. In der dritten Dimension: der Dicke der Darmwandung sind die elastischen Kräfte nicht zu bestimmen.

Zur Erklärung der beobachteten Erscheinungen hatte Herr Dr. Emil Meyer die Güte, die Theorie der dabei in Frage kommenden Verhältnisse folgendermassen zu entwickeln.

Obwohl das am Darm und an andern thierischen Geweben beobachtete elastische Verhalten ein ganz anderes ist, als die Beobachtungen an anderen Körpern, wie Metallen, Glas, Kautschuk u. s. w. ergeben haben, so fühlt man sich doch versucht zu glauben, dass auch die an jenen thierischen Geweben beobachteten Erscheinungen aus den Principien der Elasticität ihre Erklärung finden können. Denn es unterscheiden sich die thierischen Gewebe von den in das Gebiet der Physik gehörigen Körpern zu bedeutend, als dass man die für letztere gezogenen Folgerungen aus den einfachen Gesetzen ohne Weiteres auf die organischen Gebilde übertragen dürfte. Es fallen vielmehr hier zwei der in der Physik angewandten Voraussetzungen fort. Es ist nicht nothwendig, dass die Elasti-

cität für verschiedene Richtungen gleich sei; vielmehr ist wahrscheinlich, dass die Richtungen der Längsaxe, des Umfangs und der Dickendimension der organischen Schläuche in Bezug auf ihre Elasticität sich wesentlich unterscheiden. Zweitens dürfen wir die Beschränkung nicht beibehalten, dass die durch äussere Kräfte hervorgebrachten Ausdehnungen dieser elastischen Schläuche sehr gering seien, so lange die Kräfte nicht sehr gross werden. Wir wissen vielmehr, dass die Elasticitätscoëfficienten der organischen Gewebe von sehr geringem Werthe sind und dass die elastischen Ausdehnungen, welche den Elasticitätscoëfficienten umgekehrt proportional sind, häufig sogar von beträchtlicher Grösse sind.

Diese beiden Unterschiede der organischen und unorganischen Körper scheinen erheblich genug, ein verschiedenes Resultat des Experiments bei beiden Classen von Körpern zu bedingen, wenn auch kein Zweifel darüber bestehen kann, dass bei beiden Classen das Fundamentalgesetz dasselbe ist. Man muss auch bei organischen Körpern annehmen, dass die durch Zug oder Druck hervorgebrachte Ausdehnung oder Zusammenziehung dem hervorbringenden Zuge oder Drucke wenigstens nahezu proportional ist, so lange die Grenze der Elasticität nicht überschritten wird. Wenn aber auch dieses Gesetz allen Körpern gemein sein muss, so kann doch die Wirkung eines ausgeübten Druckes bei Körpern verschiedener Natur verschieden sein. Es ist deshalb eine genauere Untersuchung des Effects erforderlich, der auf einen gefüllten elastischen Hohlcylinder organischer Materie durch äussere Kräfte hervorgebracht wird.

Wir haben es zu thun mit einem Hohlcylinder, der durch dreierlei Kräfte ausgedehnt wird. In der Richtung der Axe wirkt eine Zugkraft Z, auf die äussere Oberfläche ein Druck P, der der Atmosphäre oder der Flüssigkeit, in welcher der Hohlcylinder liegt, endlich auf die innere Oberfläche ein Druck, der den äusseren um p übersteigt, also ein Druck von der Grösse $P + p$. Die durch diese drei gleichzeitig wirkenden Druckkräfte Z, P und p hervorgebrachten Dilatationen sind dieselben, welche eintreten würden, wenn die drei Druckkräfte nach einander in Wirksamkeit treten. Diese Bemerkung lässt sich benutzen, die Betrachtung dahin zu vereinfachen, dass man von den Druckkräften P und p ganz abstrahiren kann und allein die Wirkung von Z zu untersuchen braucht. Wir lassen nämlich zunächst nur die Kräfte P und p thätig sein, wie es auch beim Experimente der Fall ist. Durch diese Kräfte treten in dem Cylinder Dilatationen ein und werden elastische Kräfte rege, welche wir nicht näher

untersuchen. Wir gehen vielmehr von dem Zustande des Cylinders aus, in welchen er durch die Kräfte P und p versetzt wird, wobei wir bemerken, dass, wenn noch die Kraft Z hinzutritt, dadurch die Kräfte P und p keine neue Wirkung äussern können. Wir haben also nur die Dilatationen zu untersuchen, welche die Kraft Z, also die Spannung der Wandung nach der Richtung der Längsaxe, hervorbringt. Wir entsprechen damit vollständig dem Experimente, bei welchem auch nur die durch Z hervorgebrachte Aenderung des bereits durch P und p dilatirten Volumens beobachtet wird.

Diese von Z hervorgebrachte Volumensänderung lässt sich nun sehr leicht angeben, und zwar mit Hülfe des oben erwähnten Princips, nach welchem jede Ausdehnung oder Zusammenziehung eines elastischen Mediums proportional der Kraft ist, welche die Ausdehnung oder Zusammenziehung hervorruft. Die Constante, welche die Proportionalität in Gleichheit verwandelt, sind wir gewohnt durch den Elasticitätscoëfficienten auszudrücken, so dass, wenn a den Elasticitätscoëff. für die Richtung der Längsaxe bezeichnet, die Verlängerung der Einheit der Länge des Cylinders

$$\frac{Z}{a}$$

ist. Die ursprüngliche Länge h wird demnach durch den Zug Z

$$h\left(1+\frac{Z}{a}\right).$$

Auf analoge Weise erhalten wir die Contractionen des Querschnitts ausgedrückt; bezeichnen b und c zwei andere Elasticitätsconstanten, so sind die Contractionen in der Peripherie und Dicke

$$-\frac{Z}{b} \text{ und } -\frac{Z}{c};$$

d. h. bezeichnet R den ursprünglichen Radius des Cylinders und δ die Dicke, so werden durch die Wirkung von Z die Peripherie

$$2\pi R\left(1-\frac{Z}{b}\right)$$

und die Dicke der Wandung

$$\delta\left(1-\frac{Z}{c}\right).$$

Nehmen wir diese Wandung als sehr dünn an, so können wir von der durch die Verminderung der Dicke hervorgebrachten Vergrösserung des umschlossenen Hohlraums absehen und den inneren Querschnitt des Hohlcylinders setzen

$$\pi R^2 \left(1 - \frac{Z}{b}\right)^2$$

Demnach wird das Volumen des von der cylindrischen Wand umschlossenen Raumes

$$\pi h R^2 \left(1 + \frac{Z}{a}\right) \left(1 - \frac{Z}{b}\right)^2$$

und die durch die Kraft Z hervorgebrachte Vergrösserung

$$\pi h R^2 \left\{\left(1 + \frac{Z}{a}\right) \left(1 - \frac{Z}{b}\right)^2 - 1\right\}$$

$$= \pi h R^2 Z \left\{\frac{1}{a} - \frac{2}{b} - \frac{Z}{b} \left(\frac{2}{a} - \frac{1}{b} - \frac{Z}{ab}\right)\right\}$$

Die in den letzten Gliedern dieses Ausdrucks vorkommenden Grössen $\frac{Z}{a}$ und $\frac{Z}{b}$ sind die Dilatationen der Länge und des Radius. Diese Grössen sind zwar bei den organischen Substanzen von beträchtlich grösserem Werthe als bei anderen Körpern, aber doch, wie die folgenden Zahlen zeigen werden, bei den angestellten Experimenten noch so klein, dass man unbedenklich statt obigen Ausdrucks setzen darf:

$$\pi h R^2 Z \left\{\frac{1}{a} - \frac{2}{b} - \frac{Z}{b} \left(\frac{2}{a} - \frac{1}{b}\right)\right\}.$$

Ist ferner die Zugkraft Z sehr gering, so darf man noch weiter vernachlässigen und die Volumensdilatation setzen

$$\pi h R^2 Z \left(\frac{1}{a} - \frac{2}{b}\right).$$

Das Experiment hat nun bewiesen, dass für kleine Spannungen Vergrösserung des Volumens eintritt; es ist also

$$\frac{1}{a} > \frac{2}{b};$$

folglich ist auch der Factor von $\frac{Z}{b}$ in der obigen allgemeinen Formel

$$\frac{2}{a} - \frac{1}{b}$$

positiv. Weiter aber können wir über das Verhältniss von a und b bei Körpern von der in Rede stehenden Art nichts aussagen, wenn wir auch wissen, dass bei Metallen und ähnlichen Körpern b das drei- bis vierfache von a ist.

Wir dürfen demnach auch in der Formel

$$\pi h R^2 Z \left\{\frac{1}{a} - \frac{2}{b} - \frac{Z}{b} \left(\frac{2}{a} - \frac{1}{b}\right)\right\}$$

nicht ohne Weiteres das letzte Glied vernachlässigen. Ist es

gerechtfertigt, dasselbe beizubehalten, so lehrt die Formel, dass die Volumensdilatation für kleine Zugkräfte positiv, für grössere dagegen negativ ist, wie es das Experiment gezeigt hat. Wir versuchen, ob eine plausible Annahme über das Verhältniss von a zu b gemacht werden kann, so dass die Volumensvermehrung wirklich Volumensverminderung wird. Dazu benutzen wir das am Dünndarm des Menschen angestellte Experiment Nr. I. Nach diesem Versuche war bei dem Werthe der Längendilatation

$$\frac{Z}{a} = \frac{380 - 370}{370} = \frac{1}{37}$$

die Volumensausdehnung positiv; dagegen trat Volumensverminderung ein, als

$$\frac{Z}{a} = \frac{400 - 370}{370} = \frac{3}{37}$$

gemacht wurde. Setzen wir diese Werthe von Z in die Formel ein, so erhalten wir, dass für den Darm

$$0 < \frac{1}{a} - \frac{2}{b} - \frac{1}{37}\frac{a}{b}\left\{\frac{2}{a} - \frac{1}{b}\right\}$$

und $$0 > \frac{1}{a} - \frac{2}{b} - \frac{3}{37}\frac{a}{b}\left\{\frac{2}{a} - \frac{1}{b}\right\}$$

sein würde.

Wenden wir dieselbe Betrachtung auf das Experiment II. an, das mit der Aorta angestellt worden ist, so finden wir für diese, dass eine Belastung, welche eine Längendilatation von

$$\frac{Z}{a} = \frac{175 - 168}{168} = \frac{1}{24}$$

hervorrief, eine Volumenvergrösserung mit sich brachte; dass dagegen eine grössere Belastung die Längenausdehnung

$$\frac{Z}{a} = \frac{190 - 168}{168} = \frac{22}{168} = \frac{11}{84}$$

und Verminderung des Volumens hervorbrachte. Diese Beobachtungen liefern die Ungleichheiten:

$$0 < \frac{1}{a} - \frac{2}{b} - \frac{1}{24}\frac{a}{b}\left\{\frac{2}{a} - \frac{1}{b}\right\}$$

$$0 > \frac{1}{a} - \frac{2}{b} - \frac{11}{84}\frac{a}{b}\left\{\frac{2}{a} - \frac{1}{6}\right\}.$$

Auf diese Weise sind also für das Verhältniss der Elasticitätsconstanten a und b Grenzwerthe bestimmt, zwischen denen der Werth desselben liegen muss. Man kann auch aus den Versuchen den Werth von $\frac{b}{a}$ selbst berechnen, und zwar

aus der Beobachtung der Grenze, bei welcher die Zunahme des Volumens in Abnahme umschlägt.

An dem Punkte, an welchem sich die Volumenszunahme in Abnahme verwandelt, erreicht das Volumen ein Maximum. Dieses finden wir nach den Regeln der Mathematik bestimmt durch die Gleichung

$$0 = \frac{1}{a} - \frac{2}{b} - 2\frac{Z}{b}\left(\frac{2}{a} - \frac{1}{b}\right)$$

oder durch Multiplication mit $\frac{b^2}{a}$

$$0 = \left(\frac{b}{a}\right)^2 - 2\frac{b}{a} - 2\frac{Z}{b}\left(2\frac{b^2}{a^2} - \frac{b}{a}\right)$$

oder

$$0 = \left(\frac{b}{a}\right)^2 - 2\frac{b}{a} - 2\frac{Z}{a}\left(2\frac{b}{a} - 1\right).$$

In diese Gleichung haben wir für $\frac{Z}{a}$, welches nach dem früheren die Längendilatation darstellt, den Werth der Verlängerung einzusetzen, bei welchem das Volumen anfing abzunehmen. Dieser ist beim Darm

$$\frac{Z}{a} = \frac{1}{37},$$

bei der Arterie

$$\frac{Z}{a} = \frac{1}{24}.$$

Bei der Auflösung der obigen quadratischen Gleichung darf man die Quadrate von $\frac{Z}{a}$ vernachlässigen und erhält daher die zwei Werthe

$$\frac{b}{a} = 2 + 3\frac{Z}{a}; \quad \frac{b}{a} = \frac{Z}{a},$$

von denen der letztere so klein ist, dass man ihn nicht für möglich halten kann. Wir setzen also allgemein

$$\frac{b}{a} = 2 + 3\frac{Z}{a}$$

und erhalten speciell für den Darm

$$\frac{b}{a} = 2{,}08$$

und für die Arterie

$$\frac{b}{a} = 2{,}12.$$

Die Werthe stimmen nahezu überein; die Arterie steht den übrigen elastischen Körpern etwas näher als der Darm.

Wir brauchen also b nur reichlich zweimal so gross anzunehmen wie a, um die Erscheinung erklären zu können. Diese Annahme erscheint nicht unwahrscheinlich. Denn bei vollkommen elastischen Körpern ist nach Poisson's Theorie

$$b = 4a.$$

Wertheim's Beobachtungen ergeben bei Metallen und anderen Körpern im Mittel

$$b = 3a.$$

Man ist daher wohl berechtigt, bei Körpern von so unvollkommener Elasticität, wie ein Darm,

$$b = 2a \text{ bis } 2{,}2 . a$$

zu setzen.

Noch weniger auffallend wird dies Verhältniss, wenn man erwägt, dass die verschiedenen Richtungen des Darms sich elastisch verschieden verhalten können und auch, wie die Beobachtung zeigt, sich wirklich verschieden verhalten.

Durch Annahme dieses Verhältnisses der Elasticitätsconstanten a und b erklärt sich die beobachtete Erscheinung vollständig. Zu ihrem Zustandekommen ist ausser dieser Eigenschaft des Mediums nur erforderlich, dass die Werthe der Elasticitätscoëfficienten gering sind, und in Folge dessen die Dilatationen so gross werden können, dass ihre Quadrate nicht vernachlässigt werden dürfen.

Man könnte ebenfalls das Verhältniss $\frac{b}{a}$ aus dem Werthe der Belastung berechnen, bei welcher das Volumen ein Maximum wird. Von dieser Belastung hängt die in die Rechnung eingeführte Zugkraft Z ab, obwohl sie mit ihr nicht identisch ist. Vielmehr ist Z die durch die Belastung G hervorgebrachte Spannung. Diese Spannung ist auf dem ganzen ringförmigen Querschnitt $2\pi R \delta$ des Cylindermantels thätig. Es ist also

$$2\pi R \delta Z = G$$

$$Z = \frac{G}{2\pi R \delta}.$$

Z hängt folglich von den Dimensionen des Darms oder der Aorta ab, und da deren Messung nicht genau ausgeführt werden kann, so führt auch die Berechnung von Z zu keinem sehr sicheren Resultate. Wir führen indess diese Rechnung aus, um die Kenntniss der absoluten Werthe von a und b zu erlangen.

Dabei haben wir Rücksicht darauf zu nehmen, dass der Querschnitt, also der Halbmesser R von der Spannung Z abhängt; derselbe wird durch die Spannung gleich

$$R\left(1 - \frac{Z}{b}\right) = R\left(1 - \frac{Z}{a}\,\frac{a}{b}\right).$$

Es ist also genauer

$$Z = \frac{G}{2\pi R\delta\left(1 - \frac{Z}{a}\,\frac{a}{b}\right)}.$$

Für das Experiment I. ist

$G = 0{,}25$ Kgr. $= 250$ Gr.; $G = 1$ Kgr. $= 1000$ Gr.

$$\frac{Z}{a} = \frac{1}{37}. \qquad \frac{Z}{a} = \frac{3}{37}.$$

ferner

$2R = 37$ Mm. $\quad \frac{a}{b} = \frac{1}{2{,}08}.$

$\delta = 1$ Mm.

Daraus findet man folgende zwei Werthe von Z, bezogen auf Gramm und Millimeter:

$$Z = 2{,}2; \qquad Z = 9{,}0.$$

Verbindet man diese mit den angegebenen Werthen von $\frac{Z}{a}$, so findet man den Elasticitätscoëfficienten des Darms nach der Längsrichtung

$$a = 81; \qquad a = 99,$$

ausgedrückt durch den Druck eines Gramms auf die Fläche eines Quadratmillimeters.

Diese Werthe stimmen nicht vollständig mit einander überein, woraus hervorgeht, dass die Beschaffenheit des Darmes sich durch Spannung ändert. Denn eine merkliche Ueberschreitung der Elasticitätsgrenze hat nicht stattgefunden, da der Darm nach der Entlastung sein ursprüngliches Volumen wieder annimmt.

Nehmen wir im Mittel

$$a = 90,$$

so findet sich $\quad b = 188$

als Werth des Coëfficienten der elastischen Quercontraction bei Dehnung nach seiner Längsrichtung, bezogen auf Gramm und Millimeter.

Da die Ausdehnung eines Darmstücks nach der Längsrichtung 1,3 mal so gross ist, wie die eines nach der Querrichtung unter sonst gleichen Verhältnissen gespannten, so ergibt sich, dass nach der Richtung des Umfangs des Darms

der Elasticitätscoëfficient a' 1,3 mal so gross sein muss, als der Elasticitätscoëfficient a nach der Längsrichtung. Es ist also
$$a' = 1{,}3 \,.\, a = 117,$$
bezogen auf dieselben Einheiten.

Führen wir dieselbe Rechnung für die Aorta aus, so haben wir zu setzen:
$$G = 250 \text{ Grm.} \qquad G = 2450 \text{ Grm.}$$
$$\frac{Z}{a} = \frac{1}{24} \qquad \frac{Z}{a} = \frac{11}{84};$$
ferner
$$2\,R = 22$$
$$\delta = 2$$
$$\frac{a}{b} = \frac{1}{2{,}12}.$$
Daraus folgen die beiden verschiedenen Werthe der Spannung
$$Z = 1{,}85; \qquad Z = 18{,}9;$$
und hieraus ergibt sich
$$a = 44; \qquad a = 144.$$

Diese beträchtliche Abweichung der Werthe gibt eine ebenso bedeutende Ueberschreitung der Elasticitätsgrenze bei der grösseren Belastung von 2450 Gramm zu erkennen oder eine Aenderung der Beschaffenheit der Wandung durch ihre Spannung. Man muss daher den ersteren Werth
$$a = 44$$
annehmen, und erhält aus demselben
$$b = 2{,}12 \,.\, 44 = 93,$$
ebenfalls bezogen auf Gramm und Millimeter.

Diese Ueberschreitung der Elasticitätsgrenze bei der Aorta könnte den Verdacht erregen, dass beim Darm ebenfalls diese Grenze überschritten sei, wohl gar, dass das ganze Phänomen durch eine solche entstehe. In der That mag diese Grenze in geringem Grade überschritten gewesen sein, da die für den Darm berechneten Werthe der Elasticitätscoëfficienten nicht genau übereinstimmen. Die Abweichungen derselben von ihrem Mittel sind aber von der Ordnung der Beobachtungsfehler; folglich kann der Effect der Ueberschreitung der Grenze der Elasticität, wenn sie vorhanden gewesen ist, nur von derselben Ordnung sein, und durch ihre Berücksichtigung würde man die Werthe der Elasticitätscoëfficienten ebenfalls nur um Grössen dieser Ordnung ändern.

Jedenfalls aber kann nicht die Rede davon sein, dass die Ursache des eigenthümlichen Verhaltens der thierischen Gewebe in einer Ueberschreitung der Elasticitätsgrenze zu suchen sei. Wird diese Grenze überschritten, so tritt damit ein neuer

Gleichgewichtszustand ein. In diesem neuen Zustande kann der Körper wieder elastische Ausdehnungen erfahren; diese hängen jetzt freilich von einem etwas geänderten Elasticitätscoëfficienten ab; es liegt aber damit noch kein Grund vor, anzunehmen, dass das Verhältniss von Längs- und Quercontraction dadurch ein wesentlich verschiedenes geworden sei. Vielmehr beweist das am Kautschuk angestellte Experiment, bei welchem die Grenze der Elasticität bis zum Zerreissen des Rohres überschritten wurde, dass bei diesem Körper von ebenfalls geringer Elasticität ein solches Verhältniss von Längsund Quercontraction, wie es der Darm zeigt, nicht eintrat. Man kann also die Entstehung dieses Verhältnisses nicht als eine Folge von Ueberschreitung der Elasticitätsgrenze ansehen.

Die angestellten Beobachtungen enthalten noch eine weitere Messung, welche zur Berechnung der Constanten a und b benutzt werden könnte, die Messung der Dilatation des umschlossenen Hohlraums. Da wir alle Grössen bereits berechnet haben, so benutzen wir diese letzte Bestimmung zur Controle der gegebenen Erkläruug des beobachteten Phänomens. Ist diese Erklärung richtig, so muss der berechnete Werth der räumlichen Dilatation der Volumenseinheit

$$Z\left\{\frac{1}{a}-\frac{2}{b}-\frac{Z}{b}\left(\frac{2}{a}-\frac{1}{b}\right)\right\}$$

übereinstimmen mit dem beobachteten. Wir stellen diese Controlrechnung an für die Belastung von 250 Gramm beim Experiment I. Diese Belastung entspricht der Grenze, wo die Dilatation ein Maximum erreicht. Es besteht also die Gleichung

$$0=\frac{1}{a}-\frac{2}{b}-2\frac{Z}{b}\left(\frac{2}{a}-\frac{1}{b}\right).$$

Durch Benutzung derselben wird der obige Ausdruck der Volumensdilatation

$$Z\left\{\frac{1}{a}-\frac{2}{b}-\frac{Z}{b}\left(\frac{2}{a}-\frac{1}{b}\right)\right\}=\frac{1}{2}Z\left\{\frac{1}{a}-\frac{2}{b}\right\}$$

oder da $b = a \,.\, 2{,}08$ ist

$$=\frac{Z}{a}\cdot\frac{0{,}04}{2{,}08}=\frac{1}{52}\cdot\frac{Z}{a}$$

worin $\frac{Z}{a}$ die Ausdehnung der Länge ist, welche direct gemessen ist.

Andererseits ist auch die Volumensausdehnung direct beobachtet, und zwar ist sie gleich dem Volumen des Stücks der Glasröhre, um welches das Wasser fiel, dividirt durch das

Volumen des Darms. Ersteres Volumen ist nach den Angaben der Beobachtung

$$\pi . \left(\frac{4}{2}\right)^2 5 = 20\, \pi.$$

in Cubikmillimetern, letzteres

$$\pi \left(\frac{37}{2}\right)^2 370 = \frac{5}{2}\, 37^3\, \pi.$$

Die räumliche Ausdehnung ist das Verhältniss beider, also hat den Werth

$$\frac{8}{37^3},$$

und dieser soll gleich dem obigen sein:

$$\frac{8}{37^3} = \frac{1}{52}\,\frac{Z}{a}$$

oder

$$\frac{Z}{a} = \frac{8.52}{37^3} = 0{,}0164.$$

Diese Grösse $\frac{Z}{a}$ ist aber direct beobachtet; sie ist nämlich die Ausdehnung der Länge und zwar

$$\frac{Z}{a} = \frac{1}{37} = 0{,}0270.$$

Diese beiden Werthe von $\frac{Z}{a}$ sollten gleich sein. Dass sie nicht besser übereinstimmen, ist indess nicht zu verwundern, da die Dimensionen der Glasröhre nur beiläufig bestimmt sind. Eine kleine Aenderung im Werthe von $\frac{b}{a}$ würde ebenfalls von bedeutendem Einflusse sein.

Man kann also mit der Uebereinstimmung zufrieden sein und die Erklärung des Phänomens, wie wir sie hier gegeben haben, als wenigstens nahe richtig ansehen. Doch ist nicht zu verschweigen, dass neben dieser eine andere Erklärung zulässig erscheint.

Nimmt man z. B. an, dass thierische Membranen mit der Spannung ihren Wassergehalt ändern, so hindert nichts, eine Aenderung der Dehnbarkeit mit der Spannung vorauszusetzen, so dass die Ausdehnungen nicht genau proportional den Spannungen sind. Hierauf scheinen auch die erwähnten Abweichungen der aus den Beobachtungsdaten berechneten Zahlenwerthe unter einander, sowie einige ältere Beobachtungen hinzuweisen.

Es kann also vielleicht auch die Annahme in Frage kommen, dass die thierischen Membranen durch Spannung an Wasser verlieren. Wenn das Volumen abnimmt, so bedeutet das in diesen Fällen, dass das specifische Gewicht zunimmt, was am Einfachsten durch die Annahme erklärt wird, die Poren der Substanz liessen Wasser austreten. Dabei würde sich das Volumen verkleinern müssen, wie sich an einem Beispiel veranschaulichen lässt. Ein Würfel bestehe aus unausdehnbaren Fäden, welche denselben parallel den Diagonalen, rechtwinklig sich kreuzend, und an den Kreuzungsstellen sich unter einander verbindend, durchziehen, und Wasser, welches in den Maschen zwischen den Fäden liegt. Wird eine beliebige Fläche des Würfels fixirt und wirkte in der Richtung senkrecht auf die fixirte Fläche ein Zug, der im Stande wäre, die rechten Winkel des Maschennetzes in solche von 45° nach der Längsrichtung, von 135° nach der Querrichtung übergehen zu machen, so würde das Volumen des Körpers um die Hälfte abnehmen, das heisst die entsprechende Menge Wassers würde aus dem Maschennetz austreten (Fig. 4, A u. B). Wenn dieses auch bei den zu den Versuchen benutzten Geweben der Fall ist, so kann das Wasser zum Theil auf der Aussenfläche der Organe, z. B. des Darms, zum Vorschein kommen, und der Vorgang wäre dann analog dem Hervorquellen wässeriger Flüssigkeit, wenn man z. B. eine drüsenlose Stelle der unverletzten Conjunctiva zwischen den Fingern drückt.

Bei dem Austreten des Wassers können nun nicht wohl die mit dem Mikroskop sichtbaren Fasern der Gewebe betheiligt sein. Wenn diese wellig verlaufen, so wird eine Anspannung in der Längsrichtung zunächst die Fasern gerade strecken, wie es bei Metalldrähten geschieht, an die man Gewichte hängt. Sollte dabei die Membran an Wasser verlieren, so müsste anfangs Volumsabnahme eintreten; Volumszunahme dagegen, sobald die Fasern völlig gestreckt sind und ihre Verlängerung nach den gewöhnlichen Elasticitätsgesetzen geschieht. Die Reihenfolge der Veränderungen müsste also die umgekehrte werden, als die wirklich beobachtete. An einer durchsichtigen Membran lässt es sich übrigens auch direct nachweisen, dass die Streckung ihrer Fasern nicht in Frage kommen kann. Wenn man die Tunica vaginalis in einem bestimmten Grade in ihrer Längsrichtung spannt, so erfolgt Volumsabnahme derselben. Gleichzeitig lehrt die Prüfung dieser Membran, sowie vieler ähnlichen, z. B. des Mesenteriums, mittelst starker Vergrösserungen, dass ihre Fasern schon merklich geradlinig

verlaufen. Spannt man sie stärker an, so erfolgt noch weitere Volumsabnahme.

Es kann mithin die Ausgleichung von Krümmungen der mikroskopischen Formelemente nicht die Ursache der beobachteten Volumsabnahme sein.

Man kann also annehmen, dass die in Frage kommenden Gewebselemente aus festen Moleculen und wässeriger Flüssigkeit zusammengesetzt sind, deren Masse diejenige der eigentlich festen Substanz bei Weitem überwiegt. Die letztere besteht aus Fäden, welche durch Verknüpfung beliebig geformte Netze bilden, in deren Maschen die wässerige Flüssigkeit enthalten ist. Anstatt der Fäden kann man sich auch Körnchenreihen denken, in denen die einzelnen Molecule durch gegenseitige Anziehung in linearer Richtung festgehalten werden. Bei ganz beliebiger Form der Maschen kann der Einfachheit wegen der Fall gesetzt werden, die Substanz bestehe aus Würfeln von Wasser, in deren Kanten die Molecularreihen (Fäden) enthalten wären. Wirken auf einen aus solchen Würfeln zusammengesetzten Körper von beliebiger Form z. B. einen Cylinder Zugkräfte in der Längsaxe des Cylinders, so kann anfangs die Form der Maschen ungeändert bleiben. Nämlich das Wasser wird in den Maschen mit grösserer Kraft festgehalten, als nöthig ist, um die festen Fäden auszudehnen. Die Substanz im Ganzen kann dann als homogen und den gewöhnlichen Elasticitätsgesetzen folgend angesehen werden, d. h. der angewendete, relativ geringe Zug wirkt nur auf die Fäden und bringt Volumszunahme hervor. Wirkt aber ein stärkerer Zug ein, so ändert sich nun die Form der Maschen. Anstatt dass die zusammenstossenden Fäden rechte Winkel bildeten, mögen sie z. B. Winkel von 45^0 in der Längsrichtung des Cylinders, solche von 135^0 in der Querrichtung bilden (s. Fig. 4, A u. B). Mit anderen Worten: die Poren der Substanz sind enger geworden, es tritt Wasser aus. Damit ist aber eine Volumsabnahme, die sich in den Versuchen durch Steigen des Wassers in den Glasröhren ausspricht, verbunden.

Es ist bereits oben angedeutet worden, dass die beiden in Betracht zu ziehenden Erklärungsmomente sich keineswegs gegenseitig ausschliessen, vielmehr aller Wahrscheinlichkeit nach zusammenwirken, um die beobachteten Erscheinungen hervorzubringen. Wie dem auch sei, so lässt sich der Analogie nach schliesssn, dass auch die Kapselmembranen der Vater'schen Körperchen ein Verhalten darbieten werden, wie es nach dem Bisherigen das Bindegewebe, das elastische Gewebe und das glatte Muskelgewebe des Darmrohrs aufweisen.

Von der Function der Vater'schen Körperchen liess sich bisher nur angeben, dass sie unzweifelhaft Endorgane sensibler Hautnerven darstellen. Die zum Theil sehr versteckte Lage der Körperchen im Unterhautbindegewebe, zwischen den Knochen u. s. w., machte es unthunlich, in den umhüllenden Kapselmembranen einen besonderen Schutzapparat gegen zu starke äussere Einwirkungen zu sehen. Denn die länglich-ovalen Endkolben der Säugethiere gleichen den Vater'schen Körperchen derselben vollkommen, wenn man sich die concentrischen Kapselsysteme der letzteren hinwegdenkt, und offenbar würden die oberflächlich gelegenen Endkolben eines Schutzes weit eher bedürfen. Bei der tiefen Lage der Körperchen ist es als sicher anzusehen, dass äussere Temperatur-Schwankungen keine merkliche Aenderung in ihnen hervorzurufen vermögen. Nur durch mechanische Einwirkungen können die in den Körperchen endigenden Nervenfasern erregt werden. Um aber den Erfolg einer solchen Erregung beim Lebenden isolirt zu untersuchen, liess sich bisher kein Weg entdecken, auf welchem es möglich war, die Empfindungen auszuschliessen, welche durch die oberflächlicher gelegenen Nervenendigungen in den Endkolben, Tastkörperchen und an den Haarbälgen gleichzeitig mit irgend einer Einwirkung auf die Vater'schen Körperchen erzeugt werden müssen. Es blieb daher nur übrig, die Leistungsfähigkeit des Apparates selbst in physikalischer Hinsicht zu untersuchen.

Wenn man annimmt, dass ein Vater'sches Körperchen aus einer nervösen, in der Längsaxe (des Innenkolbens) eines ziemlich regelmässig ellipsoidischen Körperchens verlaufenden Terminalfaser besteht, welche umgeben ist von einer grossen Anzahl Kapseln, die vielfach unter einander verbunden, mit incompressibler Flüssigkeit gefüllt sind, und durch die Anfüllung in einem elastisch gespannten Zustande erhalten werden, so wird irgend eine Zugwirkung auf die äusserste Kapsel sich auf die nächste Umhüllung der Nervenfaser fortpflanzen können. Die beiden Voraussetzungen: dass die Intercapsularräume mit incompressibler Flüssigkeit gefüllt, und dass die Kapseln elastisch gespannte Membranen seien, werden ohne Weiteres von Jedem zugegeben werden, der ein Vater'sches Körperchen mit Nadeln zerrissen, unter dem Mikroscope die Flüssigkeit austreten und die Kapselmembranen sich auf ein kleines unregelmässiges Häufchen zusammenziehen gesehen hat. Es fragte sich aber noch, ob die Verbindungen der äussersten Kapsel mit der zweiten und aller übrigen unter einander von der Art wären, dass ein auf die erstere angewendeter Zug

sich in merklicher Weise bis zur Nervenfaser fortpflanzen könnte.

Um diese Frage bejahend oder verneinend zu beantworten, erschienen die Vater'schen Körperchen im Mesenterium der Katze am geeignetsten, wegen ihrer isolirten Lage in einer dünnen, durchsichtigen Membran. Wenn man die letztere in der Richtung der Längsaxe eines Vater'schen Körperchens anspannt und die Länge des inneren Kapselsystems vor der Spannung und während der Spannung mikrometrisch misst, so zeigt sich eine Zunahme der Länge während der Spannung. Diese könnte nicht stattfinden, wenn durch die Anspannung der äussersten Membran nur diese selbst oder ihre zunächst benachbarten in der Richtung des einwirkenden Zuges gedehnt würden. Daraus folgt, dass der einwirkende Zug wirklich eine Veränderung in der Umgebung der Nervenfaser hervorbrachte.

Um diese Veränderung messbar zu machen, wurde der folgende, von Herrn Inspector Meyerstein in Göttingen in bekannter Vortrefflichkeit ausgeführte Apparat angewendet. Auf einer Messingplatte (Fig. 1. L. R., Fig. 2. L. R.), die in der Mitte einen quadratischen Einschnitt von 9^{mm} Seitenlänge erhalten hatte, befand sich ein niedriger, diesen Einschnitt allseitig umgebender Wall. Auf seiner oberen Fläche war in die Innenränder des Walles eine ebenfalls 9^{mm} im Quadrat messende Glastafel (Fig. 1. G.) eingefügt, auf welche ein Vater'sches Körperchen mit einem länglichen Stück des Mesenterium aufgelegt wurde. Die Enden des Mesenterium-Stückes wurden an zwei gegenüberliegenden Seiten der Glasplatte, die als linke und rechte bezeichnet werden sollen, zwischen je zwei kleine Messingplatten (Fig. 1. l'. r'.) eingeklemmt, die links und rechts von dem Wall auf der Messingplatte beweglich angebracht waren. Die obere Fläche der unteren (Fig. 2. l. r.) lag in der horizontalen Ebene der Oberflächen des linken und rechten Seitenrandes des Walles; auf diese obere Fläche wurde das Ende des Mesenterium beiderseits aufgelegt, mit dei zweiten oberen Messingplatte (Fig. 2. l'. r'.) bedeckt und die obere auf der unteren durch zwei Schrauben (Fig. 1. s. s. s. s. Fig. 2. s. s.) festgeschlossen, so dass das Mesenterium-Ende beiderseits unbeweglich zwischen denselben eingeklemmt war. Die geschlossenen Messingplatten konnten nun von einander in der Richtung von links nach rechts durch eine die beiden untersten Platten von links nach rechts durchbohrende Schraube (Fig. 1. S., Fig. 2. S.) nebst Feder (Fig. 1. F.) entfernt werden, so dass der Abstand der nächsten Ränder der linken

und rechten Messingplatte, der anfangs etwas über 11^{mm} betrug, bis auf 22^{mm} gesteigert werden konnte, wodurch natürlich das dazwischen ausgespannte Mesenterium mit dem darin enthaltenen Vater'schen Körperchen auf die gleiche Länge ausgedehnt werden musste. Das Körperchen war mit einem Tropfen irgend einer Flüssigkeit, meist destillirtes Wasser, bedeckt und darüber ein dünnes Deckgläschen gelegt. Dieses lag frei auf den als vorderer und hinterer zu bezeichnenden Rändern (Fig. 1. v. h., Fig. 2. h.) des viereckigen Messingwalles auf, die zu diesem Zweck etwa 1^{mm} über dem Niveau des quadratischen Glasplättchens erhöht waren, die oberen Flächen der linken und rechten unteren beweglichen Messingplatte (Fig. 2 l. r.) befanden sich nicht im Niveau der Glasplatte, sondern waren um fast 0,5^{mm} über dasselbe erhöht, auch waren sie durch die 0,5^{mm} betragende Hervorragung des linken und rechten Randes des viereckigen Messingwalles über die Glasplatte von der letzteren geschieden. Es lag also die Längsaxe des Vater'schen Körperchens horizontal in einem Raume, der mit Flüssigkeit gefüllt, oben und unten mit Glas geschlossen, rechts und links von einem niedrigen Messingrande, über den das anzuspannende Mesenterium fortlief, umgeben war; hinten und vorn aber wurde derselbe durch den 1^{mm} hohen Rand des viereckigen Messingwalles begrenzt, auf welchem, wie erwähnt, das Deckgläschen auflag, ohne irgend einen Druck auf das Vater'sche Körperchen auszuüben, dessen Vermeidung absolut geboten war.

Der ganze Apparat wurde auf einem Schraubenmikrometer ein- für allemal befestigt, um das Vater'sche Körperchen den beabsichtigten mikrometrischen Messungen unterwerfen zu können. Das Schraubenmikrometer war das eines grossen Schiek'schen Mikroscops, dessen grosses Gesichtsfeld (bei dem gewöhnlich angewendeten Ocular II. und Objectiv 2, 3, 4. resp. 4, 5, 6. betrug der Durchmesser des Gesichtsfeldes 1,0^{mm} resp. 0,5^{mm}), beträchliche Focal-Distanzen und ausgezeichnetes Schraubenmikrometer es zu dieser Verwendung besonders geeignet machten; das Mikroscop, welches von der Güte des Herrn Hofrath Baum zur Verfügung gestellt war, wurde aus einer sehr grossen Anzahl zu Gebote stehender Mikroscope zu diesen Zwecken ausgewählt. Das angewendete Ocular enthielt ein von Hartnack getheiltes Glasmikrometer, dessen Linien in eine von rechts nach links verlaufende Lage gebracht waren, so dass damit bei Benutzung der entsprechenden groben Bewegung des Schraubenmikrometers in der Richtung von vorn nach hinten (bezogen auf den Körper des

Beobachters am Mikroscop) gemessen werden konnte, während durch das Schraubenmikrometer selbst die Distanzen in der Richtung von links nach rechts bestimmt wurden. Ausserdem enthielt das Ocular ein Fadenkreuz, um die Benutzung des Schraubenmikrometers zu erleichtern. Die kreisförmige Messingplatte (Fig. 1. M., Fig. 2. M.), auf welcher der Spannungs-Apparat für das Mesenteriumstück angebracht war, konnte um eine verticale, in ihrem Mittelpunkte gedachte Axe gedreht werden, vermittelst einer Schraube (Fig. 1. Sr.), welche in den in 240 kleine Einschnitte getheilten kreisförmigen Rand der Messingplatte eingriff. Es wurde dadurch erreicht, dass man mit Leichtigkeit und Genauigkeit der Längsaxe des Vater'schen Körperchens jede beliebige Richtung der Windrose geben konnte; ausserdem konnte für besondere Zwecke durch die Ablesung der Zahl der Zähne, welche durch Drehung der Schraube berührt wurden, beiläufig gemessen werden, um welchen Winkel eine beabsichtigte Drehung der Längsaxe des Vater'schen Körperchens erfolgt war.

Die Versuche bestanden nun einfach darin, dass die Länge des Vater'schen Körperchens, dessen Längsaxe (resp. Queraxe) annähernd in eine der Schraube S. parallele Richtung gebracht war, bevor das Mesenteriumstück von oblonger Form, welches das Körperchen enthielt, an seinen Enden festgeklemmt worden war, mittelst des Schraubenmikrometers gemessen wurde, während das dem Körperchen benachbarte Stück des Mesenterium möglichst glatt ausgebreitet, aber nicht gespannt auf der Glasplatte auflag, resp. in dem Wassertropfen suspendirt war. Es versteht sich, dass die Auflegung des Mesenterium auf die Glasplatte mit Vermeidung jeder Zerrung geschah; indessen ist stets eine sehr geringe Anfangsspannung absichtlich bewirkt, indem das Mesenterium glatt ausgebreitet und dabei etwas mehr gedehnt wurde, als es für gewöhnlich in der Bauchhöhle der lebenden Katze gedehnt sein mag. Ausser der Länge des Körperchens sollte ursprünglich die Länge des Innenkolbens gemessen werden. Es zeigte sich indessen, dass diese bei den angewendeten Dehnungen sich nicht merklich veränderte. Man konnte daher zwei Punkte an den Enden des Innenkolbens benutzen, um dem Körperchen stets von Neuem eine bestimmte Lage im Gesichtsfelde des Mikroscops zu geben. Als solche feste Punkte wurden am vortheilhaftesten irgend welche Kerne der allerinnersten Kapseln am centralen und peripherischen Ende des Innenkolbens benutzt, deren Distanz zunächst der Messung unterworfen ward; die Linie, welche diese beiden Punkte verband, soll späterhin als Länge des

Innenkolbens bezeichnet werden und dieselbe wurde nun mit der Bewegungslinie des Schraubenmikrometers durch Benutzung der Drehscheibe genau parallel gestellt. Dies Verfahren wurde vorgezogen, weil die Kerne als diejenigen Objecte erschienen, die am leichtesten und unter allen Umständen als bestimmte Punkte erkannt und einer genauen Einstellung des Fadenkreuzes im Ocular unterworfen werden konnten. Anstatt des wirklichen centralen und peripherischen Poles des ganzen Vater'schen Körperchens, welche kaum mit Genauigkeit festzustellen und wiederzufinden waren, wurden ebenfalls an bestimmten Merkmalen erkennbare Stellen einer der äusserten Kapseln, durch welche die Verlängerung der Innenkolben-Längsaxe hindurch ging, als Ausgangspunkt genommen. So wurden vier feste Punkte erhalten, deren gegenseitiger Abstand mit Hülfe des Schraubenmikrometers festgestellt wurde. Dann wurde das Mesenterium durch Entfernung der Messingplatten, zwischen welche es rechterseits und linkerseits festgeklemmt war, von einander mittelst der Schraube S gespannt und die Abstände der vier Punkte einer abermaligen Messung unterworfen. Eine merkliche Drehung des ganzen Körperchens um seine horizontale Längsaxe konnte dabei nicht stattfinden, weil das flach ausgebreitete, das Körperchen allseitig umgebende Mesenterium eine solche verhinderte, namentlich wenn eine geringe Anfangsspannung von vornherein vorhanden war. Die Ausdehnung, zu welcher das Mesenterium in der Richtung von links nach rechts gebracht war, wurde vermittelst eines in halbe Millimeter getheilten Massstabes abgelesen. Dann wurde das Mesenterium auf seine ursprüngliche Spannung zurückgeführt und die Messung der vier Punkte wiederholt. Bei allen Messungen wurde stets aus einer Anzahl von Einstellungen des Fadenkreuzes das Mittel genommen. Nach Umständen wurden die Anspannungen und Entspannungen des Mesenteriums sowie die Messungen selbst wiederholt. Zugleich wurden die Abstände anderer Kerne, z. B. an der Grenze des inneren und mittleren Kapselsystems, von den vier Hauptpunkten gemessen und namentlich die Abstände einer Anzahl von Kapseln am peripherischen und centralen Pole des Körperchens von einander bestimmt, was am Besten mittelst des Glasmikrometers geschah. Ausserdem wurde noch mit dem Glasmikrometer im Ocular annähernd die Breite des Innenkolbens und die Abstände einiger Kapseln an der breiten Seite des Körperchens von einander und von dem Innenkolben gleichzeitig festgestellt.

Die Erörterung der mannigfaltigen Fehlerquellen, welche

bei den Messungen zu berücksichtigen waren, bildete einen nicht unwichtigen Theil der ganzen Untersuchung.

Wenn man mit einem genau gearbeiteten Schraubenmikrometer, wie das Schiek'sche unter dem Apparat befindliche war, Messungen an unveränderlichen und scharf einstellbaren Punkten, z. B. von Theilstrichen eines feinen Glasmikrometers vielfach wiederholt, so kann man bekanntlich die wahre Entfernung derselben von einander mit sehr grosser Schärfe bestimmen. Zuerst wurden in dieser Hinsicht die verschiedenen Abtheilungen des Schraubenmikrometers, dessen Bewegung einen Raum von ca. 8 Mm. umfasste, unter einander verglichen, und es ergab sich, dass ein bestimmter Theil desselben die grösste Genauigkeit erreichen liess. Mit diesem besten Theile des Mikrometers wurden die Messungen ausschliesslich angestellt, und zwar wurde die Schraube des letzteren stets in einer bestimmten Richtung bewegt, so dass die Feder desselben während der Messung zusammengedrückt wurde. In entgegengesetztem Sinne, d. h. bei zunehmender Entspannung der Feder, wurde nicht gemessen, weil die Untersuchung ergeben hatte, dass die Messungsfehler bei letzterer Methode etwas zunahmen. Die nothwendige Wiederholung der Messungen des Abstandes von zwei bestimmten Punkten geschah also stets von Neuem in derselben Richtung, nachdem der eine mit Hülfe des Fadenkreuzes im Ocular wieder in seine ursprüngliche Lage in Beziehung auf die Stellung der Schraube zurückgebracht war. Es war wünschenwerth, eine Vorstellung davon zu erhalten, inwiefern die Ungenauigkeit der Einstellung auf einen bestimmten, jedoch selbstverständlich nicht absolut scharf begrenzten Punkt, z. B. einen Kern des Vater'schen Körperchens auf die Resultate influiren könnte. Deshalb wurden die folgenden Prüfungen an einem Objectiv-Glasmikrometer angestellt, welches Oberhäuser in 0,1 Mm. getheilt hatte, dessen Theilstriche aber unter dem Mikroskop bei starker Vergrösserung nicht unbeträchtliche Breite besassen, ähnlich wie die betreffenden Kerne. Ferner war Rücksicht darauf zu nehmen, dass die Mehrbelastung des Schraubenmikrometers durch das Gewicht des neu hinzugefügten Apparates 70,7 Grm. betrug, was auf die Bewegung des ersteren hätte influiren können. Die Messungen des Objectiv-Glasmikrometers wurden deshalb bei einer anderweitigen Mehrbelastung des Schraubenmikrometers um 78,8 Grm. ausgeführt; mit dem besten Theile des Schraubenmikrometers, aber absichtlich nicht genau mit denselben Theilstrichen des letzteren (in der Columne I und II), um die Verhältnisse denen der Messungen an den Vater'-

schen Körperchen möglichst entsprechend herzustellen. Die Distanz einiger Theilstriche des Oberhäuser'schen Glasmikrometers, welche nominell je 0,5 Mm. betragen sollte, wurde in Millimetern gefunden:

I.	II.	Differenz.
0,4939	0,4949	+ 0,0010
0,4893	0,4888	— 0,0005
0,4932	0,4933	+ 0,0001
0,4939	0,4946	+ 0,0007
0,4926	0,4924	— 0,0002
0,4872	0,4890	+ 0,0018

Es zeigen sich die Differenzen der Ablesungen am Schraubenmikrometer als verschwindend klein gegen die Differenzen verschiedener Theilstriche des Objectiv-Glasmikrometers unter einander. Der Werth eines Theilstriches des Schraubenmikrometers betrug = 0,00243 Mm., mit Hülfe des Nonius konnten noch Hundertstel dieser Grösse geschätzt werden. Beispielsweise entsprachen den 0,4939 Mm. der ersten Columne = 203,25 Theilstriche des Schraubenmikrometers u. s. w. Der Werth eines Theilstriches des letzteren wurde mit Zugrundelegung eines Plössl'schen Glasmikrometers bestimmt, dessen Genauigkeit von Listing geprüft war, wobei sich ergeben hatte, dass die wahre Distanz der Theilstriche sich zu der nominellen (1/30''' Wien.) verhielt wie 1,005147 : 1*). Es zeigte sich gelegentlich wieder bei dem zur Vergleichung benutzten Oberhäuser'schen, dass die käuflichen Glasmikrometer oft in beträchtlichem Grade ungenau sind. In Bezug auf die Messungen, welche mit Hülfe des im Ocular angebrachten Glasmikrometers von Hartnack angestellt wurden, ist noch zu bemerken, dass das letztere ebenfalls in Betreff der Abweichungen des Werthes seiner einzelnen kleinsten Abtheilungen unter einander geprüft und hinlänglich genau gefunden worden war; die Distanz zweier Theilstriche entsprach unter Anwendung des Ocular II. Objectiv 4, 5, 6. einer Grösse von = 0,00316 Mm. Die scheinbare Distanz der benachbarten Theilstriche war unter diesen Umständen eine solche, dass Zehntel derselben mit Bequemlichkeit geschätzt werden konnten; die Anordnung war so getroffen, um die Uebersicht und Erkennung der verschiedenen zu messenden Kapseln etc. zu erleichtern. Um die Grösse, die Länge und die Richtung der Längsaxe des ganzen Vater'schen Körperchens u. s. w.

*) Siehe W. Krause, die Brechungsindices der durchsichtigen Medien des menschlichen Auges. 1855. S. 16.

zu bestimmen, wurde meistens eine 190malige Vergrösserung angewendet mittelst des Ocular II. Objectiv 2, 3, 4. Die 380malige Vergrösserung dagegen diente zur Bestimmung des Abstandes einzelner Kapseln von einander unter verschiedenen Verhältnissen.

Die ersteren Messungen wurden, wie schon gesagt, in der Weise ausgeführt, dass mit Hülfe des Schraubenmikrometers die gegenseitigen Abstände von vier Punkten bestimmt wurden, welche an dem centralen, resp. peripherischen Ende des Vater'schen Körperchens und des Innenkolbens gelegen waren und den anatomischen Grenzen der genannten Gebilde (s. Fig. 3) annähernd entsprachen; um eine kurze Bezeichnungsweise zu haben, sind sie in den folgenden Tabellen als solche aufgeführt. Daher sind die gefundenen Dimensionen nicht in aller Strenge z. B. mit der wirklichen Länge des Innenkolbens identisch, auf die es selbstverständlich nicht ankam, weil es sich nur darum handelte, eine feste Linie zu haben, auf welcher dann die Abstände der einzelnen Kapseln von einander gemessen werden konnten. Ebenso bezieht sich die Angabe: Länge des Stielfortsatzes, des Ligamentum intercapsulare etc. einzig und allein auf die Abstände der Punkte an den Enden des Innenkolbens in gerader Linie von Punkten, die nahe dem centralen Pole, an welchem die Nervenfaser eintritt, resp. am peripherischen Pole des Körperchens sich befanden. Es ist also auf die oft beträchtlichen Krümmungen des Stielfortsatzes, auf sein allmäliges, nicht scharf begrenztes Aufhören, auf das Vorhandensein oder Fehlen des Ligamentum intercapsulare etc. bei dieser Bezeichnungsweise gar keine Rücksicht genommen. Die Abstände der vier Punkte mussten mit dem Schraubenmikrometer gemessen werden, weil dieselben die Dimensionen des Gesichtsfeldes bei starker Vergrösserung bei Weitem überschritten, und mittelst des Schraubenmikrometers in diesem Falle genauere Bestimmungen zu erhalten waren. Die Abstände einer Anzahl von Kapseln in einer relativ kleinen Distanz von einander konnte dagegen viel sicherer und bequemer mittelst des Glasmikrometers bei starker Vergrösserung gemessen werden. Unerlässlich war es bei beiden Methoden, die zu messenden Punkte während der Anspannungen des Mesenteriums stets im Auge zu behalten. Mit Hülfe der beiden auf einander rechtwinkligen Bewegungen des Schraubenmikrometers bot letzteres keine Schwierigkeit, ausserdem war die Benutzung der angebrachten Drehscheibe nothwendig, um die gemessene Linie in der horizontal gelegenen Längsaxe des Vater'schen Körperchens, welche während der Spannung des Mesenterium-

Stückes ihre Richtung zu ändern im Stande war, immer der Bewegungslinie parallel stellen zu können. Das Vater'sche Körperchen war nämlich, während das Mesenterium gespannt wurde, häufig sehr merklichen Aenderungen seiner Richtung unterworfen, in Folge von verschiedenen Einwirkungen, die von verschiedenen Seiten her stattfanden. Das Mesenterium dürfte nicht nur in verschiedenen Richtungen verschiedene Elasticität besitzen, sondern es kommen auch, da die Membran nicht homogen ist, die Verschiedenheiten der Elasticität für die stärkeren Arterien, Venen, Nerven, ferner für die Fettzellen-Haufen, die sämmtlich im Mesenterium eingebettet liegen, in Betracht. Sehr merklich verschieden gestaltet sich oft die Zugfestigkeit für nahe benachbarte Partien des Mesenterium in Folge der erwähnten anatomischen Anordnungen, was leicht durch Abschätzung mittelst des Apparates nachzuweisen war. Wegen dieser Gründe kann man aus den gemessenen Dehnungen des Mesenteriumstückes nicht mit Sicherheit Rückschlüsse auf die Kräfte machen, denen das Vater'sche Körperchen während der Spannungen ausgesetzt war. Die Drehung um jene verticale Axe, die in der Verlängerung der optischen Axe des Mikroskrops gelegen war, wurde ebenfalls in Anwendung gezogen, sobald es sich darum handelte, die Breite des ganzen Vater'schen Körperchens mittelst derselben Mikrometer-Vorrichtungen zu ermitteln. Es ist noch hervorzuheben, dass die Messungen, die mit Hülfe des Glasmikrometers angestellt waren, wegen der stärkeren Vergrösserung weitaus die genaueren und keineswegs mit denen, die durch das Schraubenmikrometer erhalten waren, auf eine Stufe zu stellen sind. Stärkere Vergrösserungen konnten jedoch nicht wohl angewendet werden, sobald es sich um weit von einander entfernte Punkte handelte.

Es versteht sich, dass Irrthümer am sorgfältigsten vermieden werden mussten, die etwa aus der Verwechslung benachbarter Punkte mit den eigentlich zu messenden hätten entstehen können. Dabei kam in Betracht, dass durch verschiedene Einstellung des Focus, da ein Vater'sches Körperchen eine nicht unbeträchtliche Dicken-Ausdehnung besitzt, successive ähnliche benachbarte Kerne u. dergl. sichtbar zu werden pflegen. Um gegen solche Verwechslungen geschützt zu sein, war es nothwendig, genaue Zeichnungen über die Lage der zu messenden Punkte anzufertigen, indem bei grosser Anzahl der letzteren das Gedächtniss des Beobachters nicht ausreichend hätte erscheinen können. Es wurde auch anfangs

in Ueberlegung gezogen, ob für diese Zwecke nicht das Princip des Storchschnabels in Anwendung zu bringen sei, welches A. Fick*) früher empfohlen hat; aus practischen Gründen ist letzterer Plan jedoch unterblieben. Uebrigens wurden nur solche Punkte als Messungsobjecte benutzt, welche gleichzeitig mit der Terminalfaser in der Focusebene des Mikroskops scharf gesehen werden konnten, um Sicherheit zu haben, dass dieselben in einer annähernd horizontalen Ebene des Längsschnitts des Vater'schen Körperchens gelegen waren.

An dem centralen und peripherischen Pole des Körperchens, sowie bei der Bestimmung der Breite zeigte sich noch eine besondere Schwierigkeit, die von den Fettmassen bedingt wurde, welche die Ränder der Körperchen meistens überlagern. Wenn man das Präparat mit Nadeln zerfasern darf, so sind sie leicht zu beseitigen; da das Mesenterium-Stück aber in seiner Integrität belassen werden musste, so blieb nichts übrig, als möglichst solche Katzen auszuwählen, die ein fettarmes Mesenterium besassen. Aus diesem Grunde wurden häufig halberwachsene Thiere verwendet. Ferner wurde die Auswahl der brauchbarsten Körperchen so getroffen, dass sie nicht nur an den Rändern von Fett möglichst frei, sondern auch von regelmässig ellipsoidischer Form waren.

An solchen Körperchen wurden sehr zahlreiche Messungen zum Theil in Gemeinschaft mit Riemann ausgeführt, von denen einige als Beispiele unten folgen. Sie sind sämmtlich am frischen Mesenterium von soeben durch einen Schlag auf den Kopf getödteten Thieren erhalten. Die Dimensionen sind überall in Millimetern angegeben und repräsentiren arithmetische Mittel aus mehreren Ablesungen mit Ausnahme der Messungen am Vater'schen Körperchen Nr. III.

Bei Ausdehnung des Mesenterium in der Richtung der Längsaxe des Vater'schen Körperchens nimmt auch die Länge des letzteren zu und ebenso um eine geringere, aber die Grenze der möglichen Messungsfehler überschreitende Grösse die Entfernung vom Ende des Innenkolbens bis zum benachbarten Ende des inneren, resp. des sog. mittleren Kapselsystems. Wenn man die Anspannung des Mesenterium durch Drehung der Schraube S in entgegengesetztem Sinne wieder aufhören machte, so nahmen die zu messenden Dimensionen annähernd wieder die früheren Werthe an.

---

*) Zeitschr. f. rat. Med. 1853. Bd. III. S. 273.

Vater'sches Körperchen Nr. I.

Mesenterium einer halbjährigen Katze.	ungespannt.	gespannt.	gespannt.	entspannt.
Länge des Mesenterium-Stückes . .	11,6	15,6	16,5	11,6
Länge des Körperchens	1,079	1,117		1,090
Länge des Innenkolbens	0,703	0,702		0,704
Länge des Stielfortsatzes	0,249	0,259	0,302	0,248
Länge des Ligamentum intercapsulare	0,127	0,156		0,138
Breite des Körperchens	0,303	0,288		
Breite des Innenkolbens	0,036			
Breite der innersten Kapseln, welche keine deutlichen Intercapsularräume von einander trennten	0,068			

Die nun folgende Messung wurde mittelst des Glasmikrometers erhalten. Im innersten Theile des inneren Kapselsystems zeigten sich keine messbaren Veränderungen während der Spannung. Die gemessenen Distanzen am centralen Pole des Körperchens beziehen sich auf Kapseln, deren Anordnung sich folgendermassen beschreiben lässt:

Vater'sches Körperchen Nr. I.	ungespannt.	gespannt.	gespannt.	entspannt.
Länge des Mesenterium-Stückes . .	11,6	15,6	16,5	11,6
Vom Innenkolben bis zum centralen Ende einiger sehr zarter, dicht am Innenkolben anliegender Kapseln .	0,0395	0,0395	0,0395	0,0395
Von den letzgenannten bis zum Ende der folgenden Gruppe von 8 Kapseln	0,0158	0,0158	0,0158	0,0158
Von den letztgenannten bis zur 5. Kapsel von innen gerechnet, welche deutliche Intercapsularräume von den benachbarten trennten . . .	0,0411	0,0411	0,0411	0,0411
Von da bis zum centralen Pole des inneren Kapselsystems, noch 7 Kapseln	0,0317	0,0317	0,0347	}
Von da bis zum centralen Pole des sog. mittleren Systems von 17 Kapseln	0,0578	0,0664	} 0,1705	} 0,1520
Von da bis zum centralen Pole des äusseren Systems von 12 Kapseln	0,0632	0,0648	}	}

Während sich der Stielfortsatz im Verhältniss wie 1:1,04 ausdehnte, bei Spannung des Mesenterium-Stückes von 11,6 Mm. auf 15,6 Mm., so erlitt das Ligamentum intercapsulare die Ausdehnung im Verhältniss wie 1:1,23. Diese grössere Nachgiebigkeit gegen Ausdehnung am peripherischen Pole zeigte sich bei allen Messungen und sie ist aus der anatomischen Anordnung wegen der geringeren Festigkeit der dort vorhandenen Verbindungen der Kapseln unter einander leicht erklär-

lich. Ein anderes Körperchen ergab in Bezug auf die Veränderungen an seinem peripherischen Pole, welche mit dem Glasmikrometer festgestellt wurden:

Vater'sches Körperchen Nr. II.

Ausgewachsene Katze.	ungespannt.	gespannt.	gespannt.
Länge des Mesenterium-Stückes	11,6	16,0	20,0
Länge des Körperchens	1,276		
Länge des Innenkolbens	0,721		
Länge des Stielfortsatzes	0,342		
Länge des Ligamentum intercapsulare . .	0,213		
Breite des Körperchens	0,396		
Vom Innenkolben bis zu einer Kapsel des inneren Kapselsystems, die mit a bezeichnet werden soll	0,0726	0,0758	0,0821
Von Kapsel a bis Kapsel b	0,0647	0,0805	0,1058
Von Kapsel b bis Kapsel c	0,0095	0,0142	0,0300
Vom Innenkolben bis Kapsel c	0,1468	0,1705	0,2179

Als Zusatzflüssigkeiten, in welchen die Körperchen während der Messungen suspendirt waren, wurden verdünnte Lösungen von Eiweiss, phosphorsaurem Natron (von 4 $^0/_0$) etc. anfangs in Anwendung gezogen. Es zeigte sich jedoch das Liegen in destillirtem Wasser während mehrerer Stunden von keinem merklichen Einfluss auf die Gestalt, Dimensionen und sonstigen Eigenschaften des Vater'schen Körperchens:

Vater'sches Körperchen Nr. III.

Ausgewachsene Katze.	ungespannt.	ungespannt nach 1 St.	ungespannt nach 3 St	gespannt.
Länge des Mesenterium-Stückes	11,6	11,6	11,6	18,5
Länge des Körperchens . . .	1,412	1,404	1,417	1,451
Länge des Innenkolbens . . .	0,674	0,671	0,672	0,674
Länge des Stielfortsatzes . . .	0,472	0,466	0,471	0,489
Länge des Lig. intercapsulare .	0,266	0,267	0,274	0,288
Breite des Körperchens . . .	0,548	unverändert.		

Vor dem Beginn der Messungen war, wie oben erwähnt, eine geringe Anfangsspannung des Mesenterium-Stückes absichtlich bewirkt. Dadurch wurde Sicherheit erlangt, dass bei der folgenden Dehnung keine merkliche Rotation des Vater'schen Körperchens um seine horizontale Längsaxe erfolgen konnte, weil die beiden 8—9 Mm. breiten, festgeklemmten Enden des Mesenterium-Stückes eine solche völlig verhinderten, sobald letzteres etwas angespannt war. Die Anfangs-

spannung wurde dadurch gemessen, dass an das Mesenterium-Stück an seinem die untere Messingplatte 1 in Fig. 2. nach links hin etwas überragenden Ende ein Menschenhaar befestigt wurde, ehe noch die obere Messingplatte 1' aufgelegt und festgeschraubt worden war. Das Haar lief über eine kleine Rolle und an das senkrecht herabhängende Ende des letzteren wurden dann Gewichte gehängt. So wurde die geringe Anfangsspannung in der oben mitgetheilten Messung am Vater'schen Körperchen Nr. I. durch ein Gewicht von 0,1827 Grm. bewirkt.

Bei Dehnung des Körperchens in seiner Längsrichtung nimmt die Breiten-Dimension etwas ab; ob sich auch die Dicke ändert, ist nicht direct zu messen. Es lässt sich zeigen, dass an jener Aenderung die Kapseln des äusseren Systems theilnehmen, während die Abnahme der Breitendimension, was die äusserste Kapsel anlangt, bereits aus der Tabelle über das Körperchen Nr. I. hervorgeht.

Folgende Messung ist ohne alle Zusatzflüssigkeit an einem Vater'schen Körperchen Nr. IV. aus dem Mesenterium einer sehr kleinen, magern, aber ausgewachsenen Katze erhalten:

Bei starker Spannung des Mesenterium-Stückes in die Länge verminderte sich der Abstand der zwölften Kapsel des äusseren Systems von der einen Seite des Körperchens zur entgegengesetzten gemessen von 0,211 Mm. auf 0,201 Mm. Die Kapseln des inneren Systems wurden dagegen nicht merklich in ihrer Breiten-Dimension verändert.

Erfolgt eine Spannung des Mesenterium in der Querrichtung des Vater'schen Körperchens, senkrecht auf die Längsaxe desselben, so nimmt die Breiten-Dimension zu, während die Längen-Dimension und vermuthlich die Dicken-Ausdehnung noch etwas mehr sich vermindert:

Vater'sches Körperchen Nr. V.

Halb-erwachsene Katze.	ungespannt.	gespannt.
Länge des Mesenterium-Stückes	11,6	14,5
Länge des Körperchens	0,921	0,875
Länge des Innenkolbens	0,617	0,616
Breite des inneren Kapselsystems	0,137	unverändert.
Breite von 13 äusseren Kapseln, von den Grenzen des inneren Kapselsystems an gezählt	0,173	0,201

Bei einem anderen Körperchen derselben Katze fand sich die Breite der 17 äusseren Kapseln, von der Grenze des unverändert bleibenden inneren Kapselsystems an gerechnet,

während im Ganzen 20 Kapseln des äusseren Systems vorhanden waren, bei Spannung in der Querrichtung:

Vater'sches Körperchen Nr. VI.

Ausgewachsene Katze.	ungespannt.	gespannt.
Länge des Mesenterium-Stückes	11,6	15,5
Breite der 17 äusseren Kapseln	0,166	0,206

In gewisser Hinsicht schien auch eine beiläufige Kenntniss der Lage des Stielfortsatzes im centralen Theile des Vater'schen Körperchens nicht uninteressant. Mit Hülfe der beschriebenen Eintheilung des Randes der Drehscheibe M wurde eine Anzahl von Bestimmungen erhalten über den Betrag des grössten Winkels, welchen die Projection des gekrümmten Stielfortsatzes in der Focus-Ebene des Mikroskops mit der Längsaxe des Vater'schen Körperchens zu bilden vermochte, nachdem letzteres aus dem Mesenterium möglichst isolirt worden war. Als Längsaxe wurde in diesen Bestimmungen die Richtung der Terminalfaser angenommen. Der Winkel betrug:

Vater'sches Körperchen	Nr. I.	75°
„ „	„ III.	66,7°
„ „	„ VII.	64,5°

Nr. VII. ist ein Körperchen aus demselben Mesenterium, welches das Körperchen Nr. III. geliefert hatte, 24 Stunden nach dem Tode des Thieres untersucht.

Wie gesagt, beziehen sich die Messungen auf Vater'sche Körperchen, deren Gestalt eine annähernd regelmässig ellipsoidische war. Geringe Abweichungen, die nichts Wesentliches ändern und bei denen auf etwa aus der unregelmässigen Gestalt resultirende Messungsfehler sorgfältig Rücksicht genommen wurde, sind häufig; der Analogie nach wird man schliessen dürfen, dass bei den ganz unregelmässigen, S-förmig gekrümmten oder verschmolzenen Körperchen sich mutatis mutandis die Verhältnisse ähnlich gestalten werden.

Durch die mitgetheilten Messungen wurde dargethan, dass ein z. B. in der Längsaxe auf die äussersten Kapseln eines Vater'schen Körperchens einwirkender Zug sich auf das innere Kapselsystem (resp. den Innenkolben) in merklicher Weise fortzupflanzen vermag. Ueber die Verbindung zwischen den Kapseln, welche die Fortpflanzung des Zuges bewirken, vermag die Anatomie hinreichenden Aufschluss zu geben.

Vom centralen Pole des ganzen Körperchens verläuft bis zum centralen Pole des Innenkolbens der Stielfortsatz, aus

sehr festem Bindegewebe bestehend, in dessen Axe die doppelt-contouirte Nervenfaser enthalten ist. Die äusserste Kapsel ist mit dem umgebenden Bindegewebe aufs Innigste verwachsen, so dass es manchmal schwierig ist, die wirklich äusserste Kapsel mit Sicherheit aufzufinden. Zwischen den übrigen Kapseln finden sich überall zahlreiche quere Verbindungen, die als Fäden auf dem optischen Durchschnitt erscheinen, in der That aber querverlaufende Membranen von grösserer oder geringerer Ausdehnung sind. Bei Ausdehnung des ganzen Körperchens in die Länge sind sie weniger deutlich, weil sie sich mehr in die Längsrichtung der Kapsel-Membranen desselben legen; auffallend deutlich werden sie bei Dehnung in der Querrichtung, weil sie sich dann mehr senkrecht auf den Verlauf der Kapsel-Membranen stellen. Am Stielfortsatz hängen die Kapseln durch ihren Ansatz an demselben mit einander zusammen; am peripherischen Pole erstreckt sich öfters ein membranöser Strang von dem Ende des Innnenkolbens nach demjenigen des Körperchens. Dieses sogenannte Ligamentum intercapsulare ist zwar nicht immer deutlich sichtbar, aber sehr häufig vorhanden, wenngleich seine Existenz früher von Henle und Kölliker bezweifelt wurde. Wenn es fehlt, so sind die Verbindungs-Membranen zwischen den einzelnen Kapseln am peripherischen Pole um so deutlicher uud zahlreicher, und mechanisch betrachtet ist es offenbar einerlei, ob sich am peripherischen Pole die Verbindungen in Form eines festen Stranges oder vieler einzelnen Membranen vorfinden, da letztere ebenso wohl wie ersterer den ausgeübten Zug fortzupflanzen vermögen.

Es würde nun darauf ankommen, die Wirkungen zu untersuchen, welche ein Zug, der sich ins Innere des Körperchens fortzupflanzen vermag, in demselben hervorbringt. Es ergibt sich aus dem Versuch am Vater'schen Körperchen Nr. I, dass bei ungeändertem Volumen die Länge im Verhältniss von 1:1,035, die Breite von 1:0,95, die Dicke von 1:1,017 sich geändert haben. Da man a priori erwarten sollte, die Dicke würde bei Spannung in der Längsrichtung ebensoviel abnehmen wie die Breite, so müssen die Membranen an der oberen und unteren Seite stärker gespannt worden sein, als sie ursprünglich waren, und es steht der Annahme nichts im Wege, dass im Vater'schen Körperchen unter diesen Umständen ein Streben zur Volumsabnahme, d. h. Druck auf die Intercapsularflüssigkeit stattfindet.

Die Kapsel-Membranen stehen in ihrer Beschaffenheit, wie

aus ihrem microchemischen Verhalten hervorgeht, zwischen dem Bindegewebe und dem elastischen Gewebe. Sie haben eine innere Lage von querlaufenden Fasern; die Elasticität kann deshalb in verschiedenen Richtungen der Membran verschieden angenommen werden. Sie sind durch die angesammelte Intercapsularflüssigkeit gespannt und ihre Poren enthalten Wasser, wie die von anderen thierischen Häuten. Welcher von den beiden oben angeführten Erklärungen für die am Darmrohr beobachteten Erscheinungen man auch den Vorzug geben möge, jedenfalls stellt sich eine directe Analogie mit dem Darm heraus. Obgleich die Constanten der Elasticität für die Kapselmembranen aus Experimenten, wie sie bisher angestellt werden konnten, nicht zu erhalten sind, so geht doch aus Obigem hervor, dass ein in der Richtung der Längsaxe des Körperchens einwirkender Zug einen Druck auf die Intercapsularflüssigkeit hervorbringt.

Wird die äusserste Kapsel ihrer Länge nach ausgedehnt, so müsste der Druck, unter den die Intercapsularflüssigkeiten gerathen, an allen Punkten des Körperchens derselbe sein, wenn keine Verbindungen zwischen den einzelnen Kapseln vorhanden wären. Da diese nach allen Richtungen des Raumes hin nicht nur vorhanden, sondern auch wirksam sind, was durch die mitgetheilten Messungen dargethan wurde, so muss der von der ersten Kapsel her mitgetheilte Zug auch die Gestalt der zweiten Kapsel verändern. Auch diese übt dann einen vermehrten Druck aus auf die nach dem Innern des Körperchens hin befindliche Intercapsularflüssigkeit. Dieser Druck wächst demjenigen hinzu, unter welchem die Flüssigkeit des zweiten Intercapsularraumes schon in Folge der vermehrten Spannung der äussersten Kapsel steht; dieses hinzukommende Plus mag unter verschiedenen Umständen verschiedene absolute Werthe haben; jedenfalls muss aber der hydrostatische Druck unter den obigen Voraussetzungen zwischen dritter und zweiter Kapsel grösser sein, als zwischen zweiter und erster (= äusserster) Kapsel. Es ist genau derselbe Fall, wie wenn in einem weiteren Darm ein engerer eingeschlossen liegt, wobei das Experiment, wie oben angegeben ist, die Zunahme des Druckes im Innern des engeren Darmes direct nachzuweisen vermag. Was für die zweite Kapsel gilt, hat auch für alle übrigen Geltung; mit anderen Worten: der Druck wächst successive von Kapsel zu Kapsel und erreicht im innersten Theile des Körperchens sein Maximum. Die Vater'schen Körperchen sind also im Stande, mechanische Zugwirkungen in hydrostatischen Druck umzusetzen.

Wenn durch die Einwirkung einer Dehnung der äussersten Kapsel der Druck auf die Intercapsularflüssigkeit gesteigert ist und Fortpflanzung des Zuges auf die übrigen Kapseln gleichzeitig stattgefunden hat, so erfolgt Zunahme des Drucks auch in dem innersten Kapselsystem und im Innenkolben selbst, insofern der letztere eine fest-weiche, poröse, mit Flüssigkeit durchtränkte Masse darstellt. Die Terminalfaser wird also in ihrer ganzen Länge eine Drucksteigerung erfahren. Ihr knopfförmiges Ende, welches in dem einen Brennpunkte des Vater'schen Körperchens gelegen ist, wird nicht grösseren Druck erfahren, als ihre übrige Ausdehnung. Falls der Stielfortsatz absolut fest und unnachgiebig ist, so würde die darin eingeschlossene Nervenfaser von den Seiten her gar keine Drucksteigerung erfahren; der Druck würde mit dem Aufhören des Stielfortsatzes am centralen Ende des Innenkolbens plötzlich eine bedeutende Höhe erreichen. Diese Stelle würde also sehr beträchtlichen mechanischen Einwirkungen ausgesetzt sein können, was aber wegen des nicht plötzlichen, sondern allmäligen Aufhörens des Stielfortsatzes in Wirklichkeit nicht der Fall ist. Wenn der Inhalt des doppelt contourirten Nervenrohrs, sowie der Terminalfaser, im Leben von flüssiger Beschaffenheit ist*), so muss eine beträchtliche Drucksteigerung im Innern der nur von einem sehr zarten, nachgiebigen Neurilem umhüllten Terminalfaser eine Bewegung des mit derselben communicirenden Inhalts des doppelt-contourirten Nervenrohrs im Stielfortsatz, welches wegen der Unnachgiebigkeit des letzteren unmittelbar keinem vermehrten Druck ausgesetzt wäre, in der Richtung von der Peripherie nach dem Centrum hin hervorbringen. Indessen ist es klar, dass z. B. ein unter dem Mikroskop direct sichtbarer Effect nur durch relativ grosse Zerrungen in der Längsrichtung des Vater'schen Körperchens, wie sie aber im Leben sicher nicht ohne sofortige Aufhebung der Erregbarkeit des Nervenrohrs stattfinden würden, bewirkt werden könnte. In Wahrheit werden im Leben die Verschiebungen der Nervenmolecüle in der Richtung nach dem Gehirn ohne Zweifel ausserordentlich gering sein, und es liegt die Vermuthung nahe, dass sie sofort die electrischen Stromesschwankungen bedingen, welche die Empfindungen mittelst sensibler Nervenfasern veranlassen.

Somit ergibt sich, um es nochmals zusammenzufassen, dass die Vater'schen Körperchen äussere mechanische Einwirkungen, in einen nach dem Inneren des

*) Siehe W. Krause, die terminalen Körperchen etc. S. 172.

Körperchens hin successiv wachsenden, hydrostatischen Druck umzusetzen und auf diesem Wege eine Erregung der eintretenden, sensiblen Nervenfaser, die zu einer Druckempfindung führt, zu veranlassen im Stande sind.

Der Bau dieser zierlichen Apparate ist damit vollkommen verständlich geworden. Die vielfachen Kapselmembranen dienen nicht als Schutzmittel für die leicht erregbare Terminalfaser, indem sie grosse Mengen wässeriger Flüssigkeit in so auffallender Weise zwischen sich einschliessen, sondern der Umsetzung mechanischen Zuges in hydrostatischen Druck.

Die Anheftungsstelle des Stieles an das Körperchen bildet einen relativ festen Punkt, wenn Zugwirkungen in der Längsrichtung wirken; die Verbindungen zwischen den einzelnen Kapseln resp. das Ligamentum intercapsulare sind unentbehrlich, wenn der hydrostatische Druck bei stärkeren Zugwirkungen nach dem Inneren des Körperchens hin successiv wachsen soll. Die poröse Masse des Innenkolbens überträgt den Druck seitens der innersten Kapsel auf die Terminalfaser und das allmälige Aufhören des Stielfortsatzes verhindert plötzliche Druckschwankungen, welche an der Uebergangsstelle der breiten Nervenfaser des Stieles in die feinere Terminalfaser die Erregbarkeit zerstörend wirken könnten. Zugleich bieten diese Körperchen durch ihre bedeutendere absolute Grösse gegenüber den anderen Terminalkörperchen den Vortheil, dass sie auch bei sparsamer Vertheilung mit grösserer Sicherheit getroffen werden, wenn eine mechanische Einwirkung sich in tiefer gelegene Körperstellen fortpflanzt.

Abgesehen von dieser allgemeinen Betrachtung, lässt sich über die Function der Vater'schen Körperchen im Mesenterium der Katze jetzt angeben, dass sie dazu dienen werden, eine vermehrte Spannung des Mesenterium in der Richtung der Längsaxe des Körperchens mit Feinheit dem Sensorium anzuzeigen. Die Vorfrage, ob sie wirklich sensible Nerven erhalten, kann dadurch erledigt werden, dass Ludwig*) den N. splanchnicus der Katze eminent, sensibel gefunden hat, was sich durch experimentelle Prüfungen bestätigen lässt. Jetzt erscheint es von hohem Interesse, dass die Längsrichtung der Vater'schen Körperchen im Mesenterium der Katze, welche meist der Richtung des Verlaufs der Nervenstämme parallel gelegen ist, mit der Verbindungslinie jeder Partie des Darmrohrs mit seiner Anheftungsstelle an der Wurzel des Mesen-

*) Zeitschr. f. rat. Med. 1854. Bd. IV. S. 327.

terium, an einem festen Punkte der Wirbelsäule, sehr nahe zusammenfällt. Die Vater'schen Körperchen können also Empfindungen veranlassen, die durch Dehnung des Mesenterium in dieser Verbindungslinie erzeugt werden. Die Dehnung würde unmittelbar von der Anfüllung des Darmrohrs mit Speisen etc. abhängig sein, wenn dasselbe frei im Raume an dem senkrecht herabhängenden Mesenterium aufgehängt wäre. So wie die anatomische Anordnung ist, können auch noch andere Kräfte, namentlich Contractionen des Darmrohrs selbst, Zerrungen in der Längsaxe der Vater'schen Körperchen bedingen, die aber mit der Anfüllung des Darmrohrs steigen und fallen werden. Dass die (zahme und wilde) Katze das einzige Thier ist, welches, so viel man weiss, Vater'sche Körperchen im Mesenterium und einen höchst sensiblen N. splanchnicus major besitzt, erklärt sich daraus, dass die Katze das einzige genauer untersuchte springende Raubthier ist, dessen Darminhalt in Beziehung auf das Gewicht der verschiedenen Darmpartieen grossen und rasch erfolgenden Veränderungen unterworfen ist und dem deshalb die Kenntniss dieser Veränderungen in Bezug auf den Mechanismus des Sprunges und die dabei in Frage kommenden Muskelgefühle (Bergmann) und auszuführenden Muskel-Contractionen von unentbehrlicher Wichtigkeit sein muss.

Analoge Verhältnisse werden sich wahrscheinlich auch bei den übrigen Vater'schen Körperchen, deren Innenkolben von concentrischen Kapselsystemen umhüllt sind, nachweisen lassen, sobald erst die Anheftungsweise derselben im Unterhautbindegewebe und an sonstigen Körperstellen in physiologischer Hinsicht untersucht sein wird. Gewiss werden bei diesen Körperchen die Dehnungen genau in der Richtung ihrer Längsaxe, welche bei der eben aufgestellten Hypothese besonders ins Auge gefasst wurden, nicht so in den Vordergrund zu treten vermögen, wie es im Mesenterium der Katze der Fall zu sein scheint.

Ebenso wird sich in den Vater'schen Körperchen der Vögel wahrscheinlich ein analoges Princip realisirt finden; man kann sie als Säckchen betrachten, in deren Längsaxe ein Innenkolben mit Terminalfaser liegt, der aber zunächst umhüllt wird von der sog. Querfaserschicht, nämlich von einer dicken Lage starrer, sehr elastischer, unregelmässig durch einander gewirrter Fasern, etwa nassen Pferdehaaren vergleichbar.

Die Blutgefässe der Vater'schen Körperchen dürften bei ihrer ziemlich gleichmässigen Vertheilung im Innern keinen wesentlichen Einfluss auf den Mechanismus des Apparates

ausüben. Den bisherigen Angaben zufolge sind in dem System der inneren Kapseln keine Blutgefässe vorhanden*). Bei der Untersuchung natürlich injicirter Vater'scher Körperchen ist es mir ebenfalls nicht gelungen, dergleichen wahrzunehmen, wohl aber, nachdem ich dieselbe im Mesenterium der Katze von den Arterien aus mit Leim und Carmin gefüllt hatte. Die arteriellen Gefässe treten vorzugsweise innerhalb des Stielfortsatzes in die Körperchen ein, verästeln sich in einem weitmaschigen, die äusseren und sog. mittleren Kapseln durchziehenden Capillarnetz und einzelne sehr feine Capillaren verbreiten sich auch in dem innersten Kapselsystem bis in die unmittelbare Nähe des Innenkolbens. Die Venen entstehen in dem äusseren Kapselsystem und verlassen meistens an den seitlichen Begrenzungen die Körperchen; durch den Stielfortsatz scheinen sie nicht zurückzukehren. Als Zusatz für die mikroskopische Untersuchung wurde wässerige Sublimatlösung von 0,3—0,5 % benutzt.

Schliesslich mag über das Verhalten der Vater'schen Körperchen im polarisirten Licht die Bemerkung hier Platz finden, dass die centralen Partien derselben in schwächerem Grade die Eigenschaften des Bindegewebes theilen, wie sie von W. Müller beschrieben und leicht zu bestätigen sind.

Erklärung der Tafeln.

Tafel VIII.

Fig. 1. Ansicht des Apparates zur mikrometrischen Messung von Vater'schen Körperchen aus dem Mesenterium der Katze, in natürlicher Grösse, von oben.

L. R. Linker und rechter Rand der Messingplatte, welche die meisten Theile des Apparates trägt. — S. Kopf der Schraube, deren Drehung mittelst der Feder F die Entfernung der Messingplatten ll' und rr' von einander und dadurch die Anspannung eines über die Glasplatte G ausgebreiteten Mesenterium-Stückes in der Richtung von rechts-links bedingt. — ssss. Köpfe der Schrauben, welche dazu dienen, die obere Messingplatte l'r' auf der unteren (s. Fig. 2 l. r.) und zwischen denselben die Enden des Mesenterium-Stückes zu befestigen. — v. h. Vorderer und hinterer Rand des Messingwalles, welcher die quadratische Glasplatte G umgibt. Dieser Rand überragt die Ebene der Glasplatte um ca. 1 Mm. — G. die quadratische, 9 Mm. messende Glasplatte, welche innerhalb des Messingwalles eingefügt ist. Unter derselben sind die Messingplatten L R und M durchbohrt, um das Licht des Spiegels zum Rohr des Mikroskops gelangen zu lassen. — Sr. Kopf der Schraube, welche die Drehung des Apparates um eine verticale Axe zu bewirken vermag. — F' Feder dazu. — M Rand der unteren kreisförmigen Messingplatte, in 240 Zähne eingetheilt,

*) S. auch Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. 4. Aufl. 1862. S. 123.

in welche die Schraube S r eingreift. — N N Einschnitte, in welchen Fortsätze der Messingplatten l r laufen.

Fig. 2. Seitenansicht desselben Apparates von hinten.

S wie in Fig. 1. — s s Köpfe der beiden hinteren Schrauben, welche die oberen kleinen Messingplatten l′r′ auf den unteren l r festhalten. — h hinterer Rand des Messingwalles, welcher die quadratische Glastafel (Fig. 1. G.) einschliesst und überragt; er ist in der Figur etwas zu niedrig gezeichnet. — L. R. wie in Fig. 1. — M wie in Fig. 1.

Fig. 3. Schematische Darstellung des optischen Längsschnitts eines Vater'schen Körperchens, zur Erläuterung der gewählten Bezeichnungen.

a centraler Pol des Körperchens. — b peripherischer Pol des Körperchens. — c centraler Pol des Innenkolbens. — d peripherischer Pol des Innenkolbens. Von da erstreckt sich nach b das Ligamentum intercapsulare. — e Grenze des äusseren und mittleren Kapselsystems am centralen Pole. — e′ dieselbe am peripherischen Pole. — f Grenze des mittleren und inneren Kapselsystems am centralen Pole. — f′ dieselbe am peripherischen Pole. — g Eintrittsstelle der doppelt-contourirten Nervenfaser in den Stielfortsatz. — h Stielfortsatz. — i Terminalfaser. — k knopfförmiges Ende derselben im Innenkolben.

Fig. 4. Schematische Darstellung eines würfelförmigen Molecules A, wie solche z. B. in der Darmwand vorhanden gedacht werden können. Die Linien bezeichnen die aus fester Substanz gebildeten Fäden, in den Maschen soll Wasser enthalten sein, welches bei Volums-Aenderung auszutreten vermag. B ist die Seitenansicht desselben Molecules, nachdem die Winkel der Maschen bis zu den eingeschriebenen Werthen durch eine abwärts wirkende Zugkraft verändert worden sind. Nimmt die Dicke in demselben Verhältniss ab wie die Breite, so vermindert sich das Volumen des Würfels auf die Hälfte.

Fig. 5. Schematische Darstellung eines Doppelversuches mit Dünndärmen vom Menschen und von der Katze; im Durchschnitt. Genauere Angaben der Dimensionen finden sich im Texte.

a weitere Glasröhre. — b engere Glasröhre. — c Höhe des Wassers in beiden Röhren vor Beginn des Versuchs. — d Kautschukstück, welches den vertikalen Theil der Glasröhre b mit dem horizontalen verbindet. — e Kork. — f Befestigungsstelle des Menschendarms. — g offenes Ende der weiteren Glasröhre. — h Kork. — i Befestigungsstelle des Katzendarms. — k offenes Ende der engeren Glasröhre. — l Stück vom Dünndarme der Katze. — m Stück vom Dünndarme des Menschen. — n Befestigungsstelle des Katzendarms. — o Kork. — p Verbindungsfaden, der beim Beginn des Versuches erschlafft ist. — q Befestigungsstelle des Menschendarms. — r Kork. — s Faden, an dem die Zugkraft wirkt. — t Rolle. — v Gewicht.

Ueber
die Nervenzweige, welche durch das Foramen condyloideum anticum in den Hirnschädel eintreten.

Von

Professor H. Luschka in Tübingen.

In einer im Jahre 1856 erschienenen Abhandlung*), welche eine detailirte Schilderung der Verbindungen des Hypoglossus mit anderen Nerven, nämlich mit dem Sympathicus, mit Cervicalzweigen und dem Trigeminus zur Hauptaufgabe hatte, wurde von mir ein Nerv, welcher den Canalis hypoglossi in centripetaler Richtung passirt, nicht allein ausführlich beschrieben, sondern auch durch eine Abbildung dem Verständnisse näher gebracht.

Die an sich unscheinbare Sache gewann dadurch ein nicht geringes morphologisches Interesse, dass sie mit dazu beigetragen hat, die vollkommene Analogie des Inhalts jener Lücke des Schädelgrundes mit dem eines Foramen intervertebrale nachzuweisen. Gleich wie hier der durchtretende Spinalnerv von einem Venenkranze umgeben wird, so umfasst ein solcher in Gestalt des um die innere Mündung des Canalis hypoglossi herumgelegten Circellus venosus hypogl. die Wurzel des Zungenfleischnerven. Aber auch eine, einem Ramus spinalis vergleichbare Arterie, nämlich ein Zweig der Art. pharyngea ascendens wurde von mir durch den Canal hindurch bis zur Dura mater der hinteren Schädelgrube verfolgt.

Es bedurfte jetzt nur noch des Nachweises von Nervenelementen, welche, ähnlich wie jene schon früher von mir gefundenen aus sympathischen und spinalen Röhren zusammengesetzten Zweige durch die Foramina intervertebralia in den

---

*) H Luschka, Die sensitiven Zweige des Zungenfleischnerven. J. Müller's Archiv für Anatomie etc. 1856. S. 80. Taf. I.

Wirbelkanal, so durch den Canalis hypoglossi eintreten. Ich habe in dieser Beziehung wörtlich Folgendes berichtet:

Die Nervenzweige, welche von aussen her in den Canalis hypoglossi eintreten, „sind bald äusserst dünn und zu mehreren vorhanden, bald zu einem stärkeren, aber jedenfalls nur $1/2$ Linie dicken Stämmchen vereinigt, das alsbald in Zweigchen zerfällt. Die Nervchen haben eine doppelte Bedeutung, indem sie einerseits sich in den Wänden des Sinus occipitalis und des Circellus hypoglossi verbreiten und andererseits durch die kleinen Oeffnungen an der Innenfläche des Canalis hypoglossi neben Blutgefässchen in die Diploë der Schuppe des Hinterhauptbeins sowie des Körpers und der Gelenkfortsätze dieses Knochens gelangen. Die gleichzeitige Beziehung dieser Nervenzweige zu Knochen und zu Venen wird ihre grosse morphologische Verwandtschaft mit den Nervi sinu vertebrales auf den ersten Blick erkennen lassen.“

Die Nervchen, welche unter spitzem, nach oben offenem Winkel da vom Stamme des Hypoglossus abgehen, wo dieser seinen Canal verlässt, erklärte ich als Abkömmlinge des Ramus lingualis trigemini, nämlich als centripetale Fortsetzung des Hypoglossusendes jener unter der Zunge befindlichen sensiblen bogenförmigen Anastomose zwischen Lingualis und Hypoglossus, also für eine Art von Rami recurrentes trigemini, welche in der Scheide des Zungenfleischnerven emporsteigen bis zum Orte, an dem es ihre Bestimmung ist sich in der Peripherie zu verbreiten. Ich habe aber auch (S. 81) nicht unterlassen zu bemerken, dass ein oder das andere sympathische Zweigchen aus dem Ganglion cervicale supremum sich an die Venennervchen anlegt, um sich gleichmässig mit ihnen zu vertheilen.

Von diesen meinen Untersuchungen hat die Literatur längst Notiz genommen, ja dieselben sind theilweise bereits in verschiedene Compendien übergegangen. Es muss daher im höchsten Grade befremden, dass sie in einer soeben erschienenen Schrift*), welche den Herrn Prosector Nicolaus Rüdinger in München als Verfasser nennt, keine Erwähnung gefunden haben, aber gleichwohl ihren wesentlichen Resultaten nach in derselben enthalten sind. Auf den Kenner der Literatur macht es sicherlich einen eigenthümlichen Eindruck, wenn er findet, dass Rüdinger den von mir schon vor 6 Jahren nachgewiesenen Nerven 1860 zum ersten Male nicht etwa bloss „beobachtet“, wie er anfangs (S. 56)

*) Ueber die Verbreitung des Sympathicus in der animalen Röhre, im Rückenmark und Gehirn. München 1862.

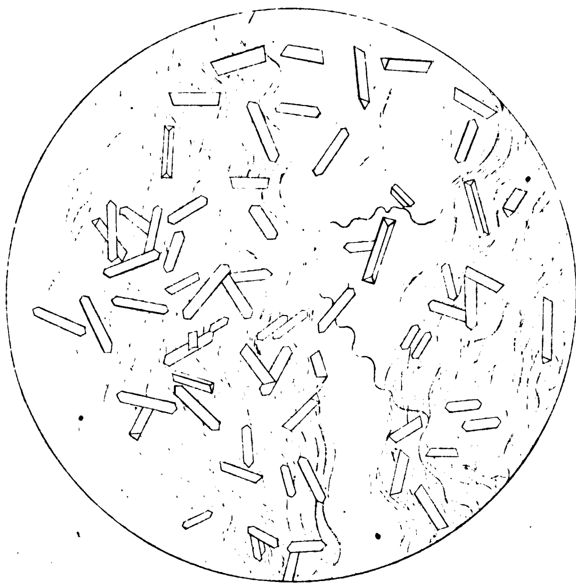
sagt, sondern, wie er erst nachher (S. 63) verkündet, geradezu „entdeckt“ haben will. Der Irrthum ist um so auffallender, da es sich nicht bloss um einen, der Vergessenheit so leicht anheimfallenden Journalartikel handelt. Die ganze von mir am genannten Orte vorgetragene Lehre ist nämlich auch in meine, erst vor einem Jahre erschienene Anatomie des Halses aufgenommen und dort (S. 383) zugleich auf die erste Publication verwiesen worden. In Fig. I. dieses Werkes ist überdies derjenige Nerv, dessen Entdeckung sich Herr Rüdinger zuschreibt, bildlich dargestellt worden. Es unterliegt keinem Zweifel, dass meine Anatomie auch in die Hände des genannten Autors gerathen ist, dessen Broschüre „Ueber die Verbreitung des Sympathicus in der animalen Röhre“ etc. *eine* für mich so schmeichelhafte Aehnlichkeit hat mit einer von mir vor 12 Jahren herausgegebenen Schrift*), in welcher (vgl. S. 16, 17, 24) auch die Verbindungen der Nervi sinuvertebrales untereinander, also doch wohl Schlingenbildungen nicht vermisst werden. Denn das bayrische ärztliche Intelligenzblatt**) bringt eine Recension meines Buchs aus Rüdinger's Feder, in welcher er mir das für seinen gegenwärtigen Fall verhängnissvolle Zeugniss ausstellte, dass darin keine meiner früheren Arbeiten, soweit dieselben den Hals betreffen, unerwähnt geblieben ist.

Nach dieser Auseinandersetzung dürfte es Niemanden schwer werden, die „Entdeckung“ Rüdinger's auf ihren wahren Werth zu reduciren.

---

*) Die Nerven des menschlichen Wirbelkanals. Tübingen 1850.
**) 1862. Nr. 29. S. 429.

Gedruckt bei E. Polz in Leipzig.



Tab. III.

120 122 124 126 128 130 132 134 136 138 140 142 144 146 148

